tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 50 – nr. 3 – 1985

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en - verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbarellidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl.60.-per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 60,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

Kenschets van het BIT-rapport
(Projectgroep Beleid Informatie Toepassingen)

B. van Kaam

<u>Zal Nederland op het gebied van tele-informatie een exporterend land worden of zal er in de komende decennia sprake zijn van import van elders ontwikkelde apparatuur en kennis?</u>

Het BIT-rapport laat zich met verhoogde interesse lezen wanneer men deze vraag in het achterhoofd houdt. Want ook daarom draait het in niet geringe mate.
Het antwoord - van belang voor de economie en werkgelegenheid in Nederland - hangt niet alleen af van de inventiviteit van bedrijfsleven en wetenschap, maar in de eerste plaats van de wetgever, zo kan men uit het rapport concluderen. Indien de overheid tijdig de op een vroegere stand van de techniek gebaseerde wetgeving weet te moderniseren, is er een redelijke kans dat Nederland in de kopgroep blijft van de landen die een rol spelen in de ontwikkelingen op dit gebied.
Hoewel Nederland de voorsprong die het in bepaalde opzichten had, de afgelopen tien jaren niet heeft benut, ligt het als een van de dichtstbekabelde landen nog steeds in een gunstige positie om nieuwe tele-informatiediensten met daarbij behorende apparatuur te ontwikkelen. In andere landen valt op regeringsniveau echter een verhoogde activiteit waar te nemen op dit terrein. Lukt het Nederland niet om de in vele opzichten verouderde wetgeving aan de huidige stand van de techniek aan te passen, dan dreigt Nederland daarom de boot te missen. We worden dan op tele-informatiegebied meer en meer een importerend land.

Een van de eerste moderniseringen waarom de wetgeving dringend vraagt, is het opheffen van belemmeringen voor de ontwikkelingen van consultatieve tele-informatiediensten zowel voor particuliere als zakelijke doeleinden. Dit terrein dient te worden vrijgegeven, zoals ook het gebruik van de drukpers niet aan een vergunningenstelsel is onderworpen, bepleit het BIT-rapport.

De aanbeveling stemt overeen met de unanieme opvatting van de Omroepraad in het op 24 november 1983 gepupliceerde advies over de Media-nota van het kabinet Lubbers. Nauwkeurig wordt in het BIT-rapport aangegeven welk terrein hiermee wordt bedoeld.
Het BIT-rapport is eind december 1983 aan de Minister van Onderwijs en Wetenschappen aangeboden door prof.dr. J.C.Arnbak (T.H.Eindhoven) en prof.dr.ir. J.L.Bordewijk (T.H.Delft). De studie kwam in hoog tempo tot stand vanwege de urgentie van de problematiek. De opdracht werd 31 december 1982 door de Minister van Onderwijs en Wetenschappen aan de beide hoogleraren verstrekt, mede ten behoeve van en met steun van het Ministerie van Economische Zaken. Op 13 juni 1983 werd een eerste proeve, een voortgangsrapportage, aangeboden die op beperkte schaal tevens voor commentaar werd voorgelegd aan deskundigen van diverse instanties, instellingen en ondernemingen. December 1983 werd de laatste hand gelegd aan het thans gereedgekomen eindrapport van de projectgroep B.I.T.

De consultatieve diensten waarvoor o.a. de aandacht wordt gevraagd, bestrijken een breed, veelbelovend nieuw terrein. De "markt" zal uiteindelijk beslissen aan welke nieuwe diensten behoefte is, en waaraan niet, maar toepassingen zijn in beginsel denkbaar op vrijwel elk terrein: amusement, niewsvoorziening, voorlichting, reclame enzovoorts. Vooral in de sector voor zakelijk gebruik is een stimulerend overheidsbeleid gewenst.

Consultatieve diensten zullen een plaats krijgen nàást (niet in plaats van), de traditionele tele-informatiediensten, de telefoon en de omroep. Nooit zal teleconsultatie de forumfunktie kunnen overnemen, die kenmerkend is voor het verschijnsel omroep. Wel zal teleconsultatie aanzienlijk beter dan omroep kunnen voorzien in individuele gebruikersbehoeften. En verwacht moet worden dat tele-consultatie bepaalde funkties zal overnemen van de drukpers omdat met een verwant informatieverkeerspatroon wordt gewerkt.

De onderscheiding van de diverse informatieverkeerspatronen is de theoretische basis van het BIT-rapport. In de opdracht, die op de laatste dag van 1982 aan de beide hoogleraren werd verstrekt, werden de drie volgende doelstellingen genoemd:

1. het opstellen van een wetenschappelijke systematiek, die inzicht verschaft in de samenhang tussen informatiediensten en voorzieningen;

2. het opstellen van een overzicht van diensten en voorzieningen die in het buitenland met succes (en wellicht ook zonder succes) zijn gerealiseerd, aan de hand van voornoemde systematiek;

3. indicaties voor realistische mogelijkheden voor nieuwe informatiediensten in Nederland en de daarvoor gewenste voorzieningen, op grond van deze systematiek.

De kenschets, welke voor U ligt, wil een beknopte popularisering zijn van het eindrapport ten behoeve van hen die geen tijd hebben de ruim honderd pagina's tellende studie door te nemen en van hen die te weinig vertrouwd zijn met de technische kant van de problematiek en de daarbij behorende taal.

De hoogleraren Arnbak en Bordewijk, die verantwoordelijk zijn voor het rapport, hebben zich in 1983 regelmatig laten adviseren door een kleine projectgroep genaamd "Projectgroep Beleid Informatie Toepassingen" kortweg B.I.T., bestaande uit:
prof.dr. A.R.Bakker, Rijksuniversiteit Leiden
prof.dr. A.B.Frielink, Universiteit van Amsterdam
dr. F.Klaver, Universiteit van Amsterdam
de heer B.van Kaam, VU-Magazine, Amsterdam.

In de tweede fase van de studie werden bij de advisering betrokken:
mr. F.Kuitenbrouwer, redacteur NRC/Handelsblad, die dr. Klaver verving tijdens buitenlandse reizen,
prof. J.M.van Oorschot, Vrije Universiteit, Amsterdam.
Part-time secretarissen van de projectgroep BIT waren de heren J.J.J.de Bont en D.de Bruijn.
De voorlopige studie-resultaten werden 2 november 1983 gepresenteerd in de Interdepartementaire Commissie Informatiebeleid (ICI). Eerder vond enkele malen overleg plaats met een ambtelijke contactgroep van vertegenwoordigers van de departementen van Verkeer en Waterstaat, Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur, Economische Zaken en Onderwijs en Wetenschappen.

In contacten met de telecommunicatiewerkgroep van het Centrum voor Informatiebeleid (CIB) en in buitenlandse fora werden de theoretische denkbeelden achter deze studie besproken.

De volgende vragen komen achtereenvolgens in het BIT-rapport aan de orde:
- Wat zijn de tele-informatiediensten?
- Welke nieuwe diensten zijn mogelijk?
- Welke van deze nieuwe diensten zijn maatschappelijk zinvol of bevorderen de economie?
- Welke juridische en organisatorische maatregelen kunnen worden overwogen om tot een voorspoedige en harmonische ontwikkeling te geraken op het gebied van de nieuwe tele-informatiedienst?
- Wat zijn de meest typerende buitenlandse ontwikkelingen?

<u>Techniek schept thans gelijke kansen voor alle vier informatieverkeerspatronen</u>

Kerngedachte van het BIT-rapport is dat zich in het menselijk verkeer **vier** informatieverkeerspatronen laten onderscheiden, die thans - voor het eerst in de geschiedenis - min of meer gelijke kansen krijgen bij informatieverkeer via tele-communicatiestelsels. Het huwelijk van telecommunicatietechniek en computertechniek, speelt daarbij een rol.

Tot dusver ontwikkelden zich voornamelijk tele-informatiediensten met als dominant verkeerspatroon <u>conversatie</u> (telefoongesprekken) en <u>allocutie</u> (omroep). Slechts bescheiden toepassingsvormen waren mogelijk voor de twee andere verkeerspatronen: <u>consultatie</u> en <u>registratie</u>. Dat gaat nu in hoog tempo veranderen, verwacht het BIT-rapport.

Nieuwe diensten zullen zich naast de bestaande ontwikkelen met consultatie (raadpleging van gegevensbestanden) of registratie (inzameling van gegevens) als dominant verkeerspatroon. Vooral de enorme ontwikkeling in de laatste decennia van kunstgeheugens (de geheugenchip in computers, de beeldband en de beeldplaat) maken dit mogelijk naast de snelle toeneming van kanalen voor het transport van signalen (kabel en satelliet).

Naast de Telegraaf- en Telefoonwet en Omroepwet zijn daarom nieuwe "patroon-eigen" wetten nodig wil men deze ontwikkeling van nieuwe diensten niet - onbedoeld - verstikken. Tweede overheidstaak is leiding geven aan de ontwikkeling van de communicatienetwerken. Onvoldoende deskundigheid bij politici inzake de keuzemogelijkheden is mede een oorzaak dat in de meeste Nederlandse gemeenten een onvoldoend toekomstgericht kabelnet in de grond ligt. Het is mede te wijten aan de keuzen die destijds zijn gemaakt, dat de afgelopen tien jaren het gebruik van de kabel vrijwel ongewijzigd is gebleven, ondanks de groeiende rijkdom aan mogelijkheden voor nieuwe diensten.

In Viditel en Teletekst beleeft Nederland nog slechts een voorproefje van wat mogelijk is op het gebied van teleconsultatie. Met name op consultatief gebied gaat zich een geheel nieuw terrein ontsluiten voor het particulier initiatief, althans wanneer de wetgever (volksvertegenwoordiging en regering), tijdig het geheel nieuwe onderkent van de mogelijkheden die de technische ontwikkelingen bieden. Met de aanbeveling om voor elk van de vier informatieverkeerspatronen op het gebied van telecommunicatie een 'patroon-eigen' wettelijk kader te scheppen, wordt de overheid overigens slechts geadviseerd de gedragslijn door te trekken, die eerder al gevolgd werd bij telegraaf, telefoon en omroep. Overal ter wereld bestaan daarvoor 'patroon-eigen' wetten.

Toen de omroep ontstond, liet geen regering zich in de war brengen door de bijkomstigheid dat in beginsel van dezelfde technische hulpmiddelen werd gebruikgemaakt als de telefoon (microfoons, luidsprekers, versterkers, kabels, zenders). Al snel werd beseft dat telefonie-zenders ook voor iets heel anders konden worden benut dan voor het voeren van telefoongesprekken. En zo ontstond na de Telegraaf- en Telefoonwet van 1904 geleidelijkaan een eigen omroepwetgeving. Het wezenlijke verschil met de telefoon zat in het andere informatieverkeerspatroon:

conversatie tussen twee partners of omroep tot een gehoor van miljoenen.

Minder helder is voor velen wat er op 't ogenblik aan de hand is. "Blijkbaar versluiert de toegepaste techniek het zicht op principiële juridische en organisatorische aspecten," verzucht het BIT-rapport. Het feit dat Viditel onderdak vond bij de PTT omdat gebruikgemaakt wordt van telefoonlijnen en teletekst bij de omroep omdat het signaal meelift met het televisie-signaal, schept zichtbare verwarring. Het BIT-rapport signaleert zelfs de onjuiste neiging om viewdata (Viditel) soms als omroepdienst aan te merken "omdat bij viewdata een thuis aanwezige televisie-ontvanger heel goed als "leestoestel" kan worden benut."

Met name deze groeiende ontwikkeling naar multifunctionaliteit van de technische informatievoorzieningen zal de verwarring nog doen toenemen. Niet alleen het televisietoestel wordt voor meer dan één funktie gebruikt. In het rapport worden meer voorbeelden opgesomd van een groei naar multi-funktionaliteit.

Daar is b.v. de overgang van de huidige, alleen voor telefonie ontworpen netwerken naar het diensten-geïntegreerde digitale netwerk ISDN, waarop wordt gestudeerd. Anderzijds zijn waarneembaar pogingen om slechts voor tele-allocutie-doeleinden (radio- en tv-omroep) ontworpen netten geschikt te maken voor heel andere diensten. Bij satellieten vervaagt het technisch onderscheid tussen telecommunicatie-satellieten en omroep-satellieten. En nog een voorbeeld van deze tendens naar multi-funktionaliteit is het besef bij fabrikanten dat multi-funktionele werkstations strategisch bepalend kunnen zijn voor hun marktaandeel van vele nieuwe informatiediensten en bijbehorende (andere) technische voorzieningen, zoals datanetwerken en grote "host computers".

Tenslotte zal de groei naar multifunktionaliteit waarschijnlijk bevorderd worden door de glasvezel, die ten opzichte van andere kabels een gunstige prijsontwikkeling vertoont. Kort gezegd: steeds minder zal men in de toekomst de verschillende informatiediensten kunnen onderscheiden door te letten op de technische voorzieningen, die gebruikt worden. De wetgever die daaraan betekenis hecht, zal door de toenemende multifunktionaliteit het spoor bijster raken. De huidige verwarring rond Viditel en Teletekst is daarvoor illustratief.

Dat men deze verschijnselen niet goed thuis weet te brengen, is echter niet verwonderlijk. Voor diensten die consultatie als dominant verkeerspatroon volgen, is nog geen passend wettelijk onderkomen gecreëerd. Ze zwerven in een soort niemands land tussen Omroepwet en Telegraaf- en Telefoonwet. Het gevaar nu dat beide diensten - en ook mogelijke nieuwe diensten - bedreigt, is dat ze in een "patroon-vreemd" gebied zullen terechtkomen, waarschuwt het BIT-rapport. En daarmee kan hun ontwikkeling in de kiem worden gesmoord. Evenals telefonie en omroep behoeven consultatie-diensten een doordacht "patroon-eigen" wettelijk kader.

De gelijkenis met het informatieverkeerspatroon dat de drukpers volgt, is bij teleconsultatiediensten zo sterk, dat een vergunningenstelsel niet meer op zijn plaats is bij één toereikende capaciteit aan kanalen. Geef het elektronisch uitgeven vrij.
Dat is het wat het BIT-rapport in feite bepleit.

Conversatie, allocutie, consultatie en registratie

Voor een "patroon-eigen" wetgeving voor tele-consultatiediensten is een nauwkeurige omschrijving gewenst van de vier informatie-verkeerspatronen, die zich voordoen. Het BIT-rapport onderscheidt (in de volgorde waarin de verkeerspatronen via de tele-communicatie mogelijk werden):

1. Conversatie (b.v. telefoon)
2. Allocutie (b.v. omroep)
3. Consultatie (b.v. Viditel)
4. Registratie (b.v. meteraflezing)

CONVERSATIE

Van conversatie wordt de volgende definitie gegeven:

"Het door (twee) individuele deelnemers uitwisselen van bij hen aanwezige informatie volgens een onderling te regelen tijdschema".

Het patroon is zo oud als de mensheid; twee mensen praten met elkaar. In een briefwisseling of een schaakspel kan men ook dit patroon herkennen. Op telecommunicatiegebied vallen onder "conversatie" telefoon, telex, scribofoon, beeldtelefoon en teletex. Ook een deel van het onderling verkeer tussen computers verloopt veelal volgens het conversatiepatroon.

Het aantal deelnemers aan conversatie is beperkt. Men kan het aantal van twee iets overschrijden, maar als de deelnemers door elkaar gaan praten, dreigt de communicatie te worden verstoord. Al gauw wordt dan een ander verkeerspatroon aangenomen. Ingesteld wordt een regulator, een voorzitter, die de spreektijd beheerst en distribueert. Om beurten krijgen de aanwezigen gelegenheid zich als zender tot de anderen te richten.

ALLOCUTIE

Van allocutie wordt de volgende definitie gegeven:

"De gelijktijdige, op directe kennisneming gerichte overdracht aan een groep individuele deelnemers van een in een centrum samengesteld informatiepakket, volgens een door het centrum bepaald tijdschema".

Ook dit patroon is al oeroud. Men herkent er de stadsomroeper in, de predikant op de preekstoel, de minstreel, de voorlezer en de standwerker. Het allocutie-patroon wordt ook gevolgd bij alle mogelijke soorten voorstellingen (concerten, films, dia's). Kenmerk is altijd de aanwezigheid van een auditorium (de vorming daarvan wordt althans beoogd) en de inachtneming van regulatie om communicatie mogelijk te maken.

Voorbeelden van tele-allocutie zijn de ether en de kabelomroep, de telebios en het (multi-)Telebord. Ook abonneetelevisie valt er onder, althans het verschijnsel dat daarmee meestal wordt bedoeld. Via tele-communicatie werd het mogelijk auditoria te vormen van voordien ongekende omvang. Welke verschillen er ook zijn tussen radio en televisie, ze volgen beide zuiver het allocutiepatroon.

De benaming "allocutie" is ontleend aan het Latijnse "allocutio", waarmee Romeinen de eenzijdige vorm van communicatie bedoelden die optrad wanneer b.v. een veldheer zijn troepen toesprak. Toespraak, verkondiging, betekent het letterlijk. En dat begrip werd onderscheiden van "collocutio", samenspraak.

Allocutie werd later de benaming van een pauselijke toespraak tot een gehoor van kardinalen, een soort "troonrede". Eénrichtingsverkeer dus. Het Engels en Frans kennen het woord "allocution" voor toespraak.

Het BIT-rapport nu stelt voor alleen de tele-informatiediensten die het allocutiepatroon volgen onder de werkingssfeer van de omroepwet te laten. De technische ontwikkelingen dwingen tot een scherpere definitie van het begrip "omroep" dan de omroepwet geeft.

Tele-informatiediensten die een ander verkeerspatroon volgen, behoren in een ander wettelijk kader thuis. Dat geldt niet alleen voor conversatie (telefoon), maar ook voor tele-consultatie.

CONSULTATIE

Van consultatie wordt de volgende definitie gegeven:

"Het selectief opvragen, door de individuele deelnemers, van in een centrum aanwezige informatie op door elke deelnemer afzonderlijk te bepalen tijden".

Voorbeelden waarin consultatie de hoofdrol speelt zijn krant, boek, tijdschrift (kortom alle drukwerk), fotoalbum, grammofoon, beeldplaatspeler, audio-recorder en video-recorder.

Tele-consultatiediensten, die we nu al kennen zijn de luisterlijnen van de PTT (weer- en nieuwsberichten, de geinlijn, tijdmelding, de beurskoersendienst, de hit- en menu-van-de-dag en de verkeersinformatiedienst).

Ergens in een computer-kunstgeheugen liggen gegevens opgeslagen, die een telefoonabonnee zonder tussenkomst van wie dan ook kan raadplegen op een door hem gewenst moment.

Nieuwe tele-consultatiediensten zijn Viditel en Teletekst. Het ziet ér naar uit dat we pas aan het begin staan van wat mogelijk gaat worden op het terrein van tele-consultatie voor alle mogelijke soorten doeleinden.

Ten behoeve van Franse parlementariers wordt b.v. een teleconsultatiedienst begonnen, die hem in staat stelt thuis een elders centraal aangelegd archief te raadplegen.

Voor amusementsdoeleinden kan tele-consultatie ook worden benut. In het DIVAD-project te Geldrop, een samenwerkingsproject van PTT, TH Eindhoven, TH Delft en Philips, is o.a. een demonstratie-opstelling te zien van een teletheek, die op individuele bestelling via een glasvezelkabel op beeldplaat vastgelegde films levert.

Consultatie is evenals conversatie een vorm van twee-richtingsverkeer, maar de partners bevinden zich niet in een gelijke positie. De ontvangende partij beperkt zich tot het (naar wens) putten van informatie uit een door de zendende partij bevoorraad geheugen.

Het verkeerspatroon nam een grote vlucht toen de mens begon gedachten en gevoelens in kunstgeheugens op te slaan. De grottekening geldt als oudste voorbeeld. Daarna ontstond het schrift. De uitvinding van de boekdrukkunst (vermenigvuldiging van kunstgeheugens), luidde een media-tijdperk in waarin consultatie gaandeweg steeds belangrijker werd. Nadien ontstonden de foto, de film, de geluids- en videoband en de beeldplaat.

De mogelijkheden van elektronische geheugens wettigen het vermoeden dat het verschijnsel tele-consultatie nog pas aan het begin van zijn ontwikkeling staat.

(Kunst-)geheugens worden ook aangewend voor allocutief gebruik. Men denke aan de voorlezer. Ook film- en diavoorstellingen moeten daartoe worden gerekend en veelvuldig worden grammafoonplaten, films en videobanden bij omroep gebruikt. Men late zich daardoor echter niet van de wijs brengen. In al deze gevallen is het de zender, die bepaalt wanneer wat uit welk geheugen wordt geput.

Bij consultatie is het de ontvanger zelf, die actief bezig is een kunstgeheugen te raadplegen. Hij doet dat wanneer hij leest, maar ook wanneer hij thuis een beeldband op zijn video-recorder afdraait, die hij gehaald heeft uit de videotheek-om-de-hoek.

Tele-consultatie treedt op wanneer hij een videotheek raadpleegt, waarmee hij via een kabel een verbinding heeft totstand-gebracht. Ook diensten die via de ether of kabel uitsluitend tot doel hebben video-recorders te bevoorraden, b.v. ter verspreiding van elektronische tijdschriften, moeten als consultatiediensten worden beschouwd. Weliswaar voltrekt zich de bevoorrading van de geheugen-apparatuur in een allocutief patroon, maar er is dan nog geen sprake van communicatie. Die treedt pas op wanneer de ontvanger het kunstgeheugen raadpleegt.

Het gevolgde informatieverkeerspatroon is zozeer verwant aan dat van de drukpers, dat eenzelfde wettelijke regiem daarvoor kan gelden.

Wanneer aan de ontvangstapparatuur ook nog printers worden gekoppeld, wordt de gelijkenis helemaal duidelijk. De drukpers staat bij de ontvanger thuis; de bediening ervan vindt plaats op een afstand.

Gebrek aan transportcapaciteit (kanalenschaarste in ether of via de kabel), kan mogelijk leiden tot filevorming, zoals ook kan optreden in het post- of wegverkeer. Maar dit was geen aanleiding het ter verzending aanbieden van poststukken of het gebruikmaken van auto's aan een vergunningenstelsel te onderwerpen, doch om de transportcapaciteit aan te passen aan de gebleken behoefte.

REGISTRATIE

Van registratie wordt de volgende definitie gegeven:

"De inzameling door een centrum van bij individuele deelnemers (bronnen) beschikbare informatie gedurende door het centrum per onderwerp vast te stellen tijden".

Evenals bij consultatie is dit informatieverkeerspatroon sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van kunstgeheugens voor de opslag van de bijeengegaarde gegevens. Sprekende voorbeelden zijn de burgerlijke stand, de enquete, het referendum en centrale personenregistratie. Het treedt ook op bij examens en wanneer een wetenschappelijk onderzoeker of journalist gegevens bijeengaart.

Tele-registratie is betrekkelijk nieuw. Men kan daartoe rekenen het brandalarm, de tele-enquete, verremeteraflezing, tele-bestellingen opnemen. Het treedt op in alle gevallen, waarin gegevens worden afgetapt bij of verstrekt door aangeslotenen, b.v. aan een kabelnet. Het is duidelijk, dat hier voor de overheid met name een taak ligt op het gebied van de privacy-bescherming.

Patronen-schema

Het BIT-rapport bevat de volgende schema waarin de vier informatieverkeerspatronen zijn geordend:

	Individueel info-bestand	Centraal info-bestand
Individuele tijd/onderwerpkeuze	CONVERSATIE	CONSULTATIE
Centrale tijd/onderwerpkeuze	REGISTRATIE	ALLOCUTIE

- De kwestie van het auteursrecht vooral speelt voor de rechterkolom
- De kwestie van privacy-bescherming vooral speelt voor de linkerkolom
- Van overheidsregulering zal veelal sprake zijn voor de onderste rij
- Een terughoudende opstelling van de overheid lijkt juist geboden voor de bovenste rij.

Binnen elk van deze verkeerspatronen kunnen diverse presentatievormen worden toegepast: spraak, muziek, bewegend beeld, getallenreeks, tekst en dergelijke.

Vooral voor de kosten is de presentatievorm van belang. Voor telegrafie b.v. kan worden volstaan met een net van geringe kanaal-capaciteit, voor eenvoudig geluidtransport (telefoon) is weer een grotere capaciteit nodig en de overbrenging van bewegend beeld met geluid (televisie, beeldtelefoon) vergt een zeer grote capaciteit.

In welke mate de presentatievormen zich in alle vier verkeerspatronen zullen ontplooien, hangt af van de capaciteit van de te bouwen communicatie-netwerken. Op politiek niveau ligt de keuze hoeveel middelen men daarvoor wil aanwenden. Zelden zullen diensten (ook nieuwe) slechts van één informatieverkeerspatroon gebruikmaken. Zo is voor een omroepdienst een consultatief medium (b.v. het omroepblad of teletekst) onontbeerlijk bij de publieksvorming. Teleregistratie bedrijft de Telefoondienst in de automatische vastlegging van de tijdsduur van gesprekken om deze in rekening te kunnen brengen aan de abonnees. Het gaat hier dan evenwel slechts om een neven-activiteit, die bedoeld is om de allocutie- resp. conversatiedienst mogelijk te maken. Dominant blijft veelal één patroon.

Een van de keuzes, die thans in Nederland moeten worden gemaakt is welke techniek zal worden toegepast om registratie mogelijk te maken ter ondersteuning van allocutieve diensten. Abonnee-televisie, wat men daaronder ook verstaat, kan alleen wanneer het mogelijk is een abonnementsgeld te heffen. Voor de mate waarin zich commercieel exploiteerbare consultatie-diensten zullen ontwikkelen is de vraag van groot belang welk systeem zal worden gekozen. Zal het ook een ontplooiingsmogelijkheid bieden aan consultatie-diensten van commerciële aard? De te maken technische keuze zal van grote invloed zijn op de aard van de nieuwe diensten. Wordt b.v. gekozen voor een eenvoudig systeem van kanaal-versleuteling (b.v. scrambling), dan opent dat weinig perspectieven voor commerciële consultatiediensten.

Een geheel andere ontwikkeling mag evenwel worden verwacht wanneer b.v. besloten zal worden tot de invoering van kiezers en geleidelijke ombouw van de mini-sternetten tot langarmige sternetten. Het veelbelovende gebied van tele-consultatie krijgt dan volop kansen in Nederland. Groot-Britannië koos reeds voor een zeer toekomstgericht net.

Meer investeringen vergt een dergelijke keuze wel.

Een eenvoudig versleutelingssysteem met weinig mogelijkheden kost enkele honderden guldens per abonnee; voor een geraffineerd kiessysteem wordt gesproken over duizend gulden per aangeslotene. Voor de kabel-exploitanten ontstaat dan evenwel een grotere markt voor verhuur van kanalen.

Het BIT-rapport beschrijft de keuze-mogelijkheden zonder een specifieke voorkeur uit te spreken, maar wel wordt duidelijk dat het meest gezien wordt in een systeem dat consultatie-diensten onbelemmerde kansen biedt.

Het zal niet eenvoudig zijn voor de politieke besluitvormers om tot verantwoorde keuzes te komen in de warwinkel van technische mogelijkheden en al dan niet vermeende belangenconflicten. De aanbevelingen van het BIT-rapport houden daar in sterke mate rekening mee.
De belangrijkste aanbevelingen zijn:

1. Een patroon-eigen wetgeving voor de vier informatieverkeerspatronen: conversatie, allocutie, consultatie en registratie.
2. Verdeling van de beschikbare capaciteit aan ether- en kabel-kanalen voor allocutie-, conversatie-, consultatie- en registratie-gebruik.
3. Vrijgeven van de kabel voor tele-consultatiediensten (geen voorafgaand verlof).
4. Ontwikkeling van een beleidsplan voor geleidelijke ombouw van de Nederlandse zgn. kabeltelevisie-netten voor multi-funktioneel gebruik, in samenhang met de PTT-plannen voor een diensten-geintegreerd telefoonnet.
5. Strikte scheiding van verantwoordelijkheden voor tele-informatievoorzieningen en tele-informatiediensten.
6. Instelling van een technisch gerichte tele-informatieraad.
7. Instelling van een toepassingsgerichte tele-informatiedienstenraad.
8. Oprichting van een Tele-informatie-instituut.
9. Een actief overheidsbeleid bij de ontwikkeling van tele-consultatiediensten (het zgn. elektronisch uitgeven), zoals:
   a. vol-kanaal-teletekst
   b. tele-bevoorrading van video-recorders en andere bij ontvangers geplaatste geheugenapparatuur.

Het B.I.T.-rapport kost ƒ 25,- en kan uitsluitend besteld worden door vooruitbetaling op giro 751 t.n.v. het Distributiecentrum Overheidspublicaties, Postbus 20.014, 2500 EA 's-Gravenhage, onder vermelding van het nummer ISBN 90.346.02273.

NIEUWE TELECOMMUNICATIEDIENSTEN, DE INFRASTRUCTUUR

Ir. P.J.C. Hamelberg
Centrale Directie PTT

"New Telecommunication Services; the Infrastructure". The public telecommunications infrastructure in the Netherlands comprises three switching networks operated by the PTT - the telephone network, the telex network and the data network - plus the cable television networks. The present-day situation and the most important developments in the PTT networks are outlined; this is followed by a diagram which also explaines the connection between the networks. After that, the three main alternatives for the transport of data are compared: the telephone network, leased lines and the data network (packet switching).
A brief description is given of the cable television networks and the facilities they could offer for data or text communication and for two-way services.
Finally a survey is given in the form of a matrix indicating which network could be used for which type of service. It will be the user or the operator of a service who will have to decide - based on technical, operational and financial considerations - which solution is most suitable for his requirements.

1. Inleiding

Bij een beschouwing over telecommunicatie kan men allereerst onderscheid maken tussen de telecommunicatie-infrastructuur enerzijds en anderzijds de telecommunicatievoorzieningen bij de abonnee of gebruiker, kortweg samen te vatten als randapparatuur.

De openbare telecommunicatie-infrastructuur - d.w.z. voor iedereen toegankelijk - omvat in Nederland de drie schakelende PTT-netten (telefoonnet, telexnet en datanet) met bijbehorende voorzieningen voor huurlijnen etc. en voorts de kabeltelevisienetten. Deze laatste worden niet door PTT geëxploiteerd maar door diverse soorten (soms overheids-) ondernemingen, de PTT oefent daarbij technisch toezicht uit in het kader van het machtigingenstelsel voor gemeenschappelijke en centrale antenne-inrichtingen.

De infrastructuur omvat het geheel van routerings- en transmissievoorzieningen, dus centrales, transmissiewegen etc.. De randapparatuur kan verschillen van een eenvoudig telefoontoestel tot complete bedrijfstelecommunicatienetten met alle variaties daartussen. Het geheel van infrastructuur plus randapparatuur levert een dienst, b.v. telefoontoestel plus telefoonnet = telefoondienst; overigens worden sommige diensten geboden door extra-voorzieningen <u>in</u> de infrastructuur, b.v. de Service 06.

Naast de openbare telecommunicatie-infrastructuur bestaat er een groot aantal bijzondere d.w.z. gesloten netten voor bepaalde toepassingen, b.v. Spoorwegen, Defensie etc; deze zullen hier buiten beschouwing blijven.

In het volgende wordt eerst een beknopt overzicht gegeven van de huidige situatie, van de belangrijkste ontwikkelingen in het telefoonnet, het telexnet en het datanet en van de samenhang tussen deze netten. Daarna worden de eigenschappen van de verschillende netten vergeleken v.w.b. de overdracht van data/tekst; bij veel nieuwe telecommunicatiediensten gaat het immers om het overbrengen van signalen in digitale vorm. Vervolgens komen de kabeltv-netten aan de orde en tenslotte wordt een vergelijkend overzicht gegeven van de mogelijkheden die de gebruiker ten dienste kunnen staan.

2. De PTT-netten

2.1 Het telefoonnet

Het telefoonnet is het oudste en verreweg het grootste schakelende net en zal dat ook blijven. Het telefoonnet bepaalt daardoor in hoge mate hoe de PTT-infrastructuur er uit ziet; de andere - veel kleinere - netten gebruiken stukjes van de transmissiecapaciteit die er min of meer al was.

Het telefoonnet is een circuitschakelend net. De verkeersafwikkeling is vanouds sterk hiërarchisch (eindcentrale-knooppuntcentrale-districtcentrale etc), maar door de komst van meer intelligente centrales kunnen veel directe bundels worden gevormd waardoor belangrijke besparingen mogelijk zijn.

De bandbreedte is gestandaardiseerd op 4 kHz; in de praktijk 300 - 3400 Hz, hetgeen de mogelijkheden voor data-overdracht beperkt tot bv 2400 bit/s, afhankelijk van het type modem.

Het aantal aansluitingen bedraagt in Nederland thans ruim 5,6 mln; automatisch verkeer is mogelijk met 100 landen.
Van oudsher waren de centrales van het electromechanische type; sinds 1973 worden processorbestuurde centrales geïnstalleerd waarbij echter het spreekwegennetwerk nog analoog is (thans ruim 40%). Op het ogenblik wordt een begin gemaakt met "echt" digitale centrales, dwz niet alleen processorbestuurd maar ook digitaal schakelend. "Digitaal" houdt in dat de analoge spraaksignalen worden omgezet in een bitstroom van 64 kbit/s door middel van PulsCodeModulatie. Het analoge signaal (max. 4 kHz) wordt nl 8000 x per seconde bemonsterd en van elk monster wordt vervolgens de amplitude gecodeerd met 8 bits, dus 8 x 8000 = 64000 bit/s. Door digitalisering van schakelmiddelen en transmissiesystemen ontstaat het zgn IDN = Integrated Digital Network; dat zal overigens een zeer geleidelijk proces zijn dat vele jaren duurt.

Op langere termijn komt het ISDN = Integrated Services Digital Network, d.w.z. één net voor alle diensten, waarbij de abonnee op één centrale is aangesloten die dan toegang geeft tot allerlei netten en diensten. Deze ontwikkeling zal in de jaren 1990-2000 worden geconcretiseerd. Het standaardisatiewerk voor het ISDN is echter al in volle gang; o.m. is in het CCITT een abonnee-interface vastgelegd van 2 x 64 kbit/s + 16 kbit/s, nl 2 zgn B-kanalen à 64 kbit/s voor spraak resp. data en het zgn D-kanaal voor signalering.

Voor de zeer lange termijn tenslotte denkt men aan een breedband-ISDN waarin tv-distributie en zelfs breedband tweerichtingsverkeer mogelijk zijn.

2.2. Transmissie

De transmissie geschiedt in de PTT-netten vanouds met analoge systemen; de abonneelijnen zijn onversterkt en in de hogere netvlakken vindt men draaggolfsystemen (frequentie-multiplex). Voorts worden voor langere afstanden ook straalverbindingen toegepast, met analoge systemen (FDM/FM). Coaxiale kabels hebben weinig toepassing gevonden (behalve uiteraard bij de kabeltv, zie 5). De digitalisering van het transmissienet is thans in volle gang. Voor korte afstanden worden op bestaande pupinkabels PCM-systemen geïnstalleerd (2 Mbit/s met 30/32 telefoonkanalen à 64 kbit/s). Voor de langere af standen worden coaxiale kabels geïnstalleerd met digitale transmissiesystemen (34 of 140 Mbit/s) en in de toekomst doet daar de glasvezel zijn intrede. Digitale straalverbindingen worden eveneens ingevoerd.

Voor de data-gebruiker is hierbij van belang dat de standaardtelefonie-bitstroom van 64 kbit/s meer mogelijkheden biedt dan het standaard analoge telefoonkanaal van 4 kHz. Daar moet dan wel bij worden gezegd dat de digitalisering een langdurig proces is, maar de verdere toekomst lijkt er dus rooskleurig uit te zien.

Tenslotte iets over satellieten. Voor transmissie tussen twee punten is satellietoverdracht alleen lonend voor grote afstanden, in de orde van 1000 km en meer. Voor speciale toepassingen bv omroep (dus meervoudige bestemming) kan dat echter anders liggen; ook de flexibiliteit kan van belang zijn, wanneer men bv grotere bandbreedtes achtereenvolgens naar verscheidene punten wil overbrengen.

2.3 Telexnet

Het telexnet is in Nederland een apart circuitschakelend net sinds 1954. De redenen daarvan lagen in een aantal speciale wensen die het telefoonnet niet kon bieden (of althans niet voor een redelijke prijs). Het telexnet is vergeleken met het telefoonnet een klein net met thans ruim 38000 aansluitingen. De standaardisatie en daarmede de automatisering is ver voortgeschreden, 185 landen zijn automatisch bereikbaar. De standaard-overdrachtssnelheid is 50 Bd ofwel ca 7 tekens per seconde, naar moderne maatstaven dus niet snel.

Ook in het telexnet zijn in de jaren 70 processorbestuurde centrales ingevoerd (thans ca 40%). De toekomst van het telexnet is wat onzeker door de opkomst van moderne, snellere, tekstcommunicatiediensten zoals teletex. De teletexdienst (2400 bit/s met volledig tekenrepertoire) loopt over het datanet (zie 2.4), maar om de aantrekkelijkheid van zowel telex als teletex te vergroten wordt een koppeling tussen het telexnet en de teletexdienst (datanet) gerealiseerd, de zg conversie-faciliteit (CF).

In ieder geval blijft telex voor de zakelijke markt nog vele jaren een belangrijk communicatiemiddel.

2.4 Datanet

Het datanet is in tegenstelling tot het telefoonnet en het telexnet een pakketschakelend net, d.w.z. de informatie moet door de gebruiker in pakketvorm (een pakket is max. 1024 bits) aan het net worden aangeboden en het net zorgt er voor dat de pakketten in de juiste volgorde op het bestemmingsadres worden afgeleverd. De samenwerking tussen de gebruikersapparatuur en het net is vastgelegd in de bekende CCITT-aanbeveling X.25. In een pakketschakelnet worden geen "echte" maar virtuele verbindingen gevormd ("connection-oriented"), hetgeen een optimaal gebruik van transmissiewegen en schakelapparatuur mogelijk maakt; men belast het net uitsluitend wanneer men werkelijk informatie zendt.

Pakketschakelnetten zijn daarom bij uitstek geschikt voor interactief verkeer. Verschillende aansluitsnelheden zijn mogelijk (2400, 4800, 9600, 48000 en 64000 bit/s); door het pakketschakelsysteem wordt automatisch gezorgd voor de snelheidsaanpassing indien zender en ontvanger niet gelijk zijn. Het net zorgt ook voor een automatische correctie van transmissiefouten waardoor een zeer lage bitfoutenkans van bv 10^{-12} mogelijk is (HDLC = Highlevel DataLink Control).

Veel gebruikers beschikken op het ogenblik nog niet over apparatuur met de X.25 interface. Daarom wordt ook voorzien in een zg PAD-functie (Packet Assembler Disassembler) die zorgt voor de conversie van/naar X.25.

Het datanet is nog maar klein, maar er zijn reeds directe verbindingen naar de pakketschakelnetten in Groot-Brittannië, West-Duitsland, België en Frankrijk en via deze koppelingen zijn er transitmogelijkheden naar een aantal andere landen. Voorts is verkeer met USA en Canada mogelijk.

Het datanet wordt centraal beheerd vanuit het NOMC (Network Operations and Management Centre) te Bussum, waardoor bij storingen snel en doeltreffend kan worden gewerkt.

Met de groei van de datacommunicatie neemt de vraag naar datanetaansluitingen snel toe. De nieuwe teletexdienst gaat over het datanet en dat vormt de basis voor een uitbouw naar allerlei berichtendiensten (message handling services).

2.5 Huurlijnen

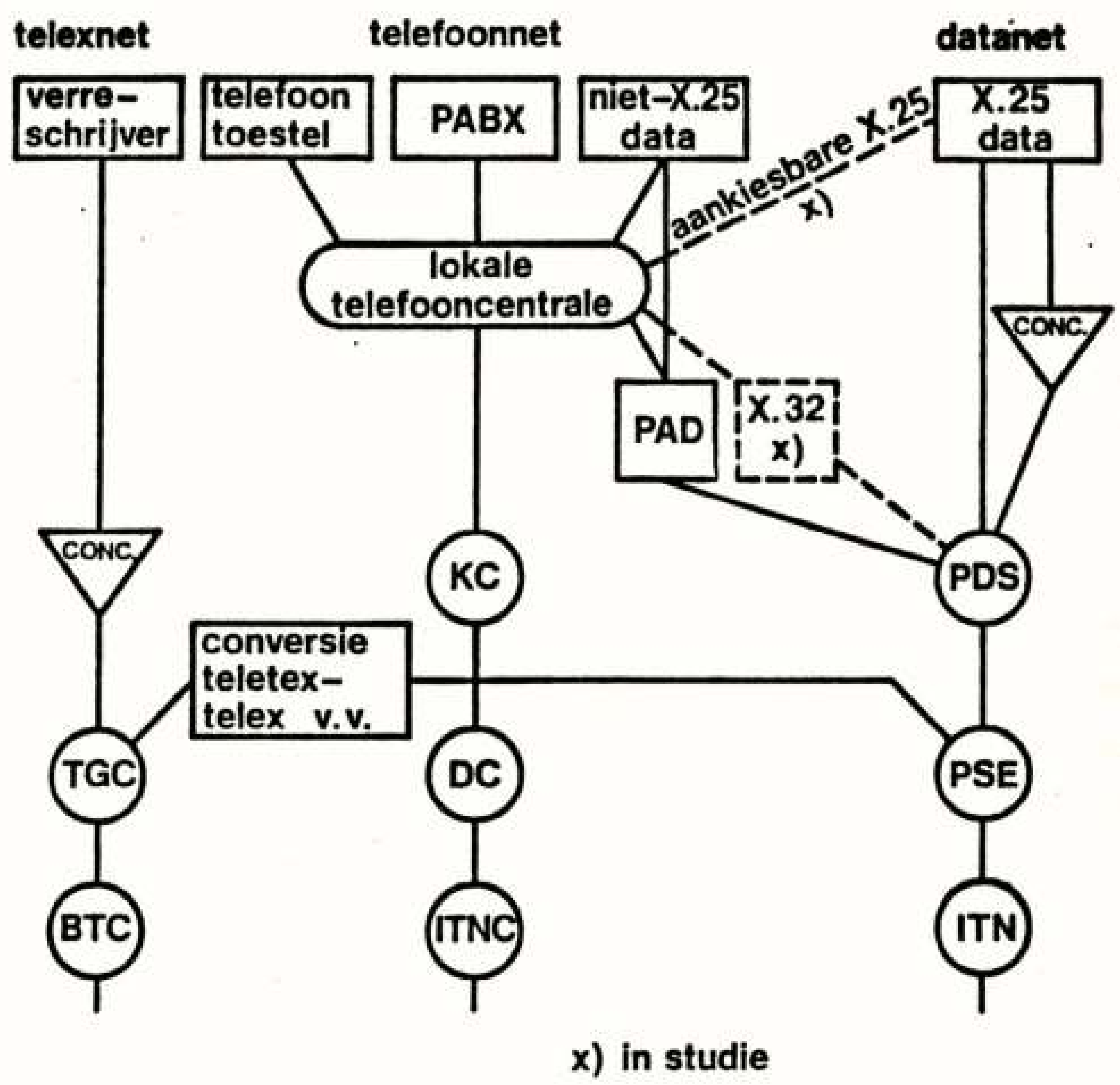
In de genoemde netten kunnen uiteraard ook vaste verbindingen worden gevormd, dus a.h.w. buiten de schakelsystemen om. In het telefoonnet worden veel huurlijnen gemaakt met een bandbreedte van 4 kHz, eventueel speciale kwaliteit (met groeplooptijdeffening volgens CCITT-aanbeveling M.1020). Huurlijnen met een grotere bandbreedte zijn mogelijk, bv door in het analoge net een primaire groep te nemen (12 telefoonkanalen x 4 kHz = 48 kHz). Zoals gezegd is het digitale net met 64 kbit/s kanalen voor data aantrekkelijker. Zeer grote bandbreedtes bv voor TV-transport worden op kleine schaal ook geboden. Het datanet tenslotte kent het zg permanent virtueel circuit (pvc) waarbij een combinatie wordt geboden van een vaste verbinding tussen twee punten met de aantrekkelijkheden van de pakketschakeltechniek (bv foutbescherming).

3. Overzicht PTT-netten

Figuur 1 geeft een overzicht van de drie PTT-netten, het telefoonnet, het telexnet en het datanet.

Bovenaan zijn verschillende soorten randapparatuur weergegeven, zoals toestellen voor telefoon of telex, bedrijfstelefoonautomaten (PABX), X.25-apparatuur etc.. V.w.b. de data-eindapparatuur (DTE = Data Terminal Equipment), kan men onderscheiden naar data-overdracht over het telefoonnet m.b.v. modems en data-overdracht via het pakketschakelnet conform CCITT-aanbeveling X.25. In eerste instantie heeft men dan drie netten die ordelijk los van elkaar opereren. De praktijk is inmiddels anders. Zo kan men met een niet-X.25 DTE (bv een eenvoudige asynchrone terminal) via een PAD in het datanet komen. Voorts wordt het datanet via de teletex-telex conversiefaciliteit gekoppeld met het telexnet en vice versa. Dit soort koppelingen zal in de toekomst nog verder kunnen toenemen. Men ziet in de figuur als het ware de centrale rol van het telefoonnet; oorspronkelijk kende men alleen telefoontoestellen, maar tegenwoordig kunnen allerlei soorten apparaten via de lokale telefooncentrale ofwel andere telefoonabonnees bereiken ofwel toegang krijgen tot wat men met een fraai woord noemt taakgespecialiseerde netten zoals het datanet. In de ISDN-opzet neemt die lokale centrale dan ook de centrale plaats in, m.d.v. dat de gebruiker met één abonneelijn is aangesloten en dus onder één nummer bereikbaar is voor allerlei soorten diensten.

Denkt men tenslotte aan het breedband-ISDN voor de verre toekomst, dan kan men zich de kabeltelevisienetten voorstellen als mee-geïntegreerd in deze opzet.



figuur 1

NB Afkortingen:

TGC = Telegraafcentrale
BTC = telegraaftransitcentrale/internationale centrale
CONC = Concentrator
PABX = Private Automatic Branch Exchange (bedrijfstelefooncentrale)
KC = Knooppuntcentrale
DC = Districtcentrale
ITNC = Internationale centrale
PAD = Packet Assembler Disassembler
X.32 = CCITT-aanbeveling voor aankiezen X.25 via tfnet
PDS = Packet Data Satellite (satelliet-datacentrale)
PSE = Packet Switching Exchange (pakketschakelcentrale)

4. Alternatieven voor datatransport

Zoals in het voorgaande is beschreven is er in principe een aantal mogelijkheden voor de overdracht van data. Over het schakelende telefoonnet kan men bv 2400 bit/s overbrengen, met speciale (helaas dure) modems meer. Vaste telefoonlijnen (huurlijnen) zijn in dit opzicht wat gunstiger dan geschakelde lijnen.

Het telexnet biedt 50 bit/s en zal voor veel datatoepassingen te langzaam zijn. Het datanet biedt een aantal aansluitsnelheden, vanaf 2400 bit/s t/m 64 kbit/s.

	telefoonnet	huurlijn	Datanet
opbouwtijd	15s	0	0,75s
foutenkans	10^{-5}	10^{-6}	10^{-12}
betrouwbaarheid	±	98-99%	+
flexibiliteit	+	-	+
snelheid	-	±	+
doorlooptijd	$\ll$	$\ll$	0,3s
faciliteiten	?	-	++

Tabel 1: Alternatieven voor Data overdracht

In de praktijk zijn er drie belangrijke alternatieven, nl het schakelende telefoonnet, huurlijnen of het datanet. In tabel 1 zijn deze drie alternatieven op een aantal punten vergeleken. Een nadeel van het telefoonnet is bv dat de verbindingsopbouw relatief lang kan duren, zeker bij internationaal verkeer. Verder is het datanet qua bitfoutenkans in het voordeel door het automatische foutcorrectiemechanisme; het bestaande analoge telefoonnet is voor spraak ontworpen en voor datatransmissie niet optimaal. De betrouwbaarheid (beschikbaarheid) van het datanet is voorts gunstig doordat een aantal vitale functies dubbel is uitgevoerd en doordat de trunkverbindingen bij storing automatisch worden hergerouteerd.

Huurlijnen zijn niet flexibel, nl alleen tussen twee punten; wenst men steeds wisselende bestemmingen dan zijn schakelende netten in het voordeel en vooral het overal aanwezige en relatief goedkope telefoonnet. V.w.b. snelheden biedt het datanet meer, maar door het pakketschakelprincipe is de doorlooptijd niet te verwaarlozen, maximaal enige honderden ms.

Tenslotte biedt het datanet een aantal faciliteiten die voor sommige toepassingen van belang zijn, bv gesloten gebruikersgroep, betaling door de andere kant (reverse charging), automatische abonnee-identificatie de reeds genoemde snelheidsconversie en voorts o.m. de mogelijkheid om één physieke aansluiting een groot aantal logische kanalen te realiseren.

De keuze die men maakt hangt uiteraard in hoge mate af van de eisen die men stelt resp. de kosten die dat met zich meebrengt.

Bij deze korte beschouwing past een verwijzing naar het bekende OSI-model (OSI = Open Systems Interconnection) dat door de ISO is ontwikkeld en door het CCITT en andere standaardisatie-instanties ook wordt gevolgd. In dit OSI-model worden de datacommunicatieprotocollen ingedeeld in zeven lagen, met spreekt ook wel van het zeven-lagen-model:

laag 7	applicatielaag	gebruiker
laag 6	presentatielaag	
laag 5	sessielaag	
laag 4	transportlaag	
laag 3	netwerklaag	X.25
laag 2	linklaag (HDLC)	
laag 1	physieke laag	

De eerdergenoemde CCITT-aanbeveling X.25 beschrijft alleen hoe de onderste drie lagen moeten worden geïmplementeerd. Wanneer de gebruikers dat correct doen, kunnen zij verbindingen opbouwen, onderhouden en afbreken, maar dat betekent nog niet dat een DTE echt met een computer of met een andere DTE kan "praten". Daarvoor moeten nl ook de hogere lagen van het model worden ingevuld, door de gebruiker of door diens computerleverancier; het net is voor die hogere lagenprotocollen a.h.w. transparant. Helaas is met name v.w.b. die hogere lagen de standaardisatie nog niet gereed, hoewel goede vorderingen zijn gemaakt voor de lagen 4 en 5.

Voor bepaalde toepassingen zijn door het CCITT alle lagen van het OSI-model ingevuld; dat geldt bv voor teletex (CCITT-aanbevelingen T. 60 etc.) en dat betekent dat bij correcte implementatie teletextoestellen zonder problemen met elkaar kunnen communiceren.

In de computerwereld treft men een aantal communicatie-architecturen aan die niet of niet geheel in overeenstemming zijn met het OSI-model. Een bekend voorbeeld is SNA (System Network Architecture) van IBM. Overigens betekent dat nog niet, dat in een SNA omgeving geen X.25 netten kunnen worden gebruikt, maar men zal op bepaalde punten een aanpassing moeten realiseren. Veel computerfabrikanten leveren tegenwoordig dat soort voorzieningen.

5. Kabeltelevisienetten

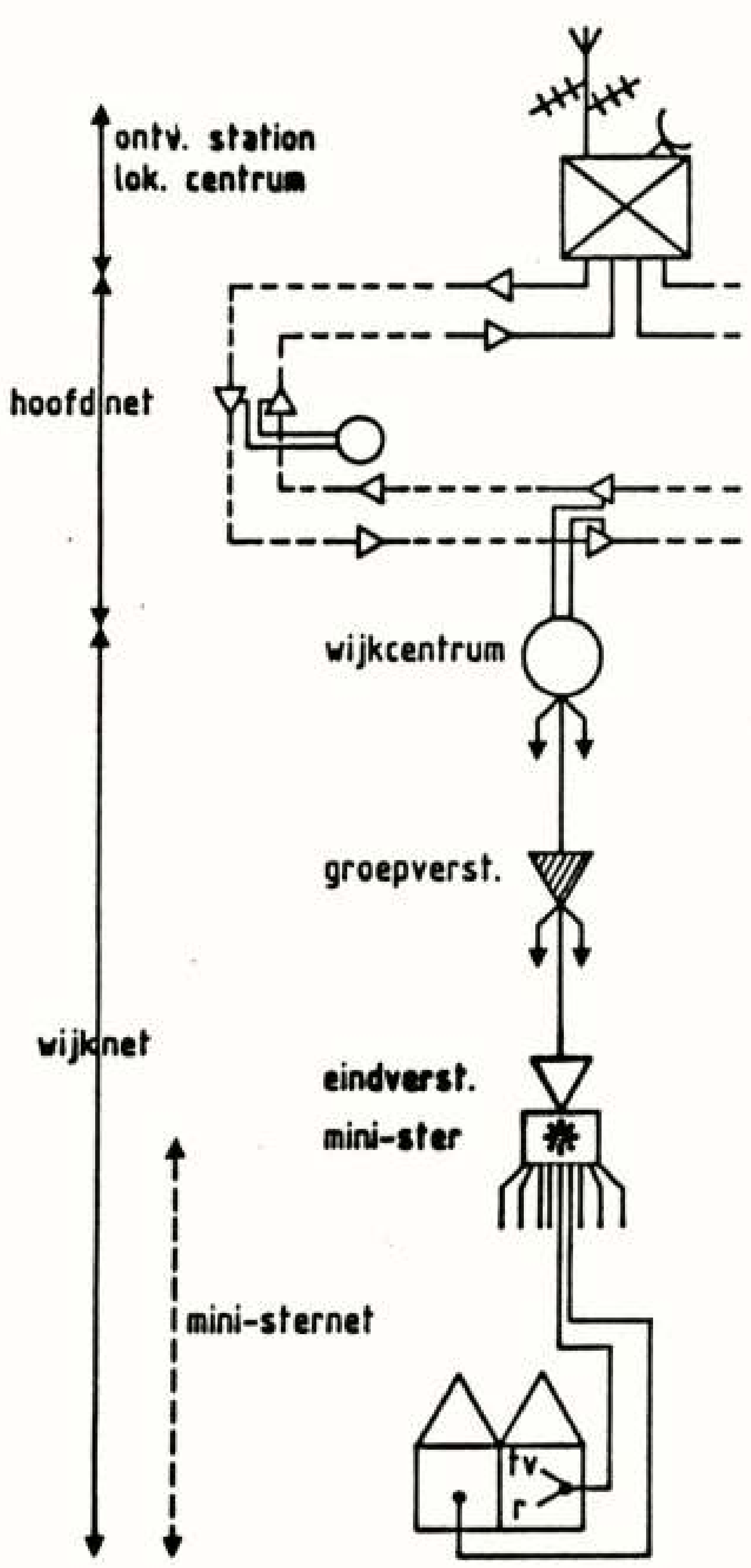
Kabeltelevisienetten zijn ontworpen als breedbanddistributienetten. Met gebruikmaking van VHF/UHF-techniek (47 - 860 MHz) kunnen maximaal 30 TV-kanalen plus de FM-band in frequentie-multiplex bij de abonnee worden gebracht. Figuur 2 geeft een schetsmatige opzet van een modern net. Het kopstation is via het lokale verdeelnet (meestal dubbel uitgevoerd, VHF-band) met de wijkcentra verbonden. Vanaf het wijkcentrum worden de kanalen in VHF/UHF-ligging via groepversterker en eindversterker naar de abonnee getransporteerd. De meeste nieuwere netten zijn v.w.b. de haarvaten uitgevoerd volgens het mini-ster-principe, d.w.z. dat telkens een aantal (bv 10 à 20) woningen stervormig wordt aangesloten.

Kabeltv-netten zijn in principe van hoogstens lokale omvang; dat kan variëren van bv een flatgebouw tot een stedelijk of zelfs regionaal net. Het totaal aantal aansluitingen bedraagt ca 3,6 mln ofwel ca 75% van alle woningen, maar dat is dus geen homogeen net maar een lappendeken van veel kleine en enkele grote netten.

Vermeldenswaard is hierbij het teletekst-systeem (broadcast videotex): door in 4 lijnen van het tv-beeld die men normaal toch niet kan zien tekstinformatie onder te brengen kan een aantal tekstpagina's naar alle tv-toestellen worden gebracht, uiteraard voorzover die toestellen van een teletekst-decoder zijn voorzien. Op deze manier kan men bv enige honderden bladzijden tekst overbrengen, die cyclisch kunnen worden opgevraagd. Door deze zelfde methode toe te passen voor de volledige TV-bandbreedte kan men de teletekst-capaciteit uitbreiden tot bv 15000 bladzijden bij een cyclustijd van 30 seconden (zg full screen teletext).

De mogelijkheden voor tweerichtingsverkeer zijn in kabeltelevisienetten beperkt. In principe is de zg onderband (ca 5 - 25 MHz) beschikbaar voor signalen in de opwaartse richting (dus van abonnee naar centrum), maar door de boomstructuur van het net is het aantal abonnees dat tegelijk van zo'n mogelijkheid gebruik zou kunnen maken beperkt.

Wel kan men denken aan het plaatsen van kiezers in bijvoorbeeld de mini-sterpunten waarmede de abonnee zou kunnen kiezen uit een programma-aanbod. Wanneer men overweegt dat de kabeltelevisienetten zijn ontworpen voor distributie naar de abonnee, terwijl diezelfde abonnee beschikt over een weliswaar smalbandige maar toch volwaardige en tweerichting telecommunicatievoorziening in de vorm van zijn telefoonaansluiting, ligt het voor de hand om een combinatie van deze mogelijkheden in beschouwing te nemen. Op die manier komt men tot hybride oplossingen, waarbij de signalen naar bv een databank via het telefoonnet gaan en de informatie van die databank naar de gebruiker via het kabeltv-net kan worden geleid. Het voorgestelde Ditzitel-systeem is daarvan een voorbeeld.



Kabeltelevisienet
(VHF/UHF; mini-ster)

figuur 2

6. Algemeen overzicht

In tabel 2 is getracht het voorgaande betoog kort samen te vatten. Links zijn de verschillende transportmiddelen aangegeven en daarnaast is per toepassing aangegeven wat de mogelijkheden zijn. Het zal duidelijk zijn, dat het telefoonnet bij uitstek geschikt is voor spraakoverdracht, het telexnet voor tekstcommunicatie (zij het langzaam) en pakketschakelnetten zijn optimaal geschikt voor data-overdracht.

Bij "langzaam beeld" moet men denken aan facsimile-overdracht en eventueel slow scan-systemen; met "snel beeld" wordt bedoeld bewegend beeld, dus "echte" televisie-overdracht. Distributieve toepassingen vindt men op beperkte schaal in telex- en datanetten nl de zg omroepberichten of meervoudige adressering, maar de kabeltv-netten zijn bij uitstek geschikt voor distributie van ook breedbandige signalen. Vaste verbindingen - smalbandig of breedbandig - zijn aantrekkelijk wanneer het gaat om grote verkeershoeveelheden tussen vaste punten; wil men juist verkeer naar steeds wisselende bestemmingen dan zijn de schakelende netten uiteraard de enige oplossing. Uiteindelijk moet de gebruiker of de aanbieder van een dienst kiezen hoe hij zijn telecommunicatie wil regelen en welke infrastructurele voorzieningen het meest geschikt zijn, gegeven de specifieke eisen. Vanzelfsprekend wordt de keuze in hoge mate bepaald door kostenoverwegingen. Dit overzicht is slechts bedoeld om u bij deze keuze een beetje op weg te helpen.

	spraak	tekst	data	langzaam beeld	snel beeld	distributie
telefoon net	+ +	+	+	+	-	-
telexnet	-	+ +		-	-	+
pakketsch. net	-	+ +	+ +	+	-	+
huurlijnen punt punt	+	+	+	+	-	-
breedband vbdn punt punt	-			-	+	-
kabeltv-netten	zeer beperkte mogelijkheden.					+ +

Tabel 2: Matrix netten/diensten

Voordracht gehouden tijdens de 328e werkvergadering.

"De schone dochters van viewdata"

Ir. F.K. Kappetijn
VNU Nieuwe Media

De geschiedenis van videotex begon in 1970 toen de Engelsman Sam Fedida voor het eerst kwam met het technisch concept van viewdata, zoals dat toendertijd heette. Sam Fedida was werkzaam bij een onderzoekslaboratorium van de British Post Office. Daar startte men de ontwikkeling van viewdata in 1973, hetgeen leidde tot een eerste proefneming in het Verenigd Koninkrijk in 1976. De ontwikkeling van viewdata werd al snel door enkele andere PTT-organisaties in Europa overgenomen, waaronder Nederland. Reeds in 1987 demonstreerde de Nederlandse PTT viewdata op de Efficiency Beurs. De PTT startte met de openbare viewdatadienst, Viditel, een praktijkproef in 1980. Daarover rapporteerde de stuurgroep onder voorzitterschap van Prof. Zoutendijk in 1982. In 1984 bepaalde de Regering haar haar standpunt, welke daarna werd behandeld door de Vaste Kamercommissie voor Verkeer en Waterstaat. Dit leidde tot de Parlementaire goedkeuring van het voorstel van het Kabinet om Viditel in te voeren als officiële dienst, waarbij de exploitatie in handen werd gegeven van de PTT. De kenmerken van viewdata, tegenwoordig beter bekend als (interactieve) videotex, heeft een aantal kenmerken. De eerste is de karakterverzameling en de wijze waarop een beeldscherm wordt gevuld met karakters en grafische tekens. De standaardisatie van de karakterverzameling en beeldopbouw heeft geleid tot de ontwikkeling van de decoder. Het tweede kenmerk is de databankstructuur die wordt gekoppeld aan videotex. Deze standaardisatie leidde tot de ontwikkeling van programmatuur voor het opzetten en toegankelijk maken van videotex databanken. Het laatste kenmerk van videotex is de datatransportsnelheid, die werd gesteld op 1200 bits per seconde van de computer naar naar de gebruiker en op 75 bits per seconde terug. Deze standaardisatoie leidde tot de invoering van het modem (modulator-demodulator). Evenwel zijn er de laatste jaren nogal wat ontwikkelingen geweest die het nut of de houdbaarheid van de standaardisatie in twijgel trekken. Zo is er volstrekt geen sprake van een wereldwijde standaardisatie voor videotex. Dit heeft geleid tot een veelvoud van videotexstandaarden onder de namen als PRESTEL, Teletel, CEPT, Telidon en NAPLPS. Ook de standaardisatie ten aanzien van de ontwikkeling van software bleek niet altijd even noodzakelijk. Dankzij ontwikkelingen als de gateway (b.v. Vidipoort) werd het mogelijk om ook andere, niet-videotexdatabanken zoals de normale ASCII-databanken, aan een videotexsysteem te koppelen. Daarbij wordt dan gebruik gemaakt van conversie-programmatuur, zoals de programmatuur voor dynamische aanmaak van videotexpagina's. Ook het nut van de standaardisatie van informatietransportsnelheden heeft niet geleid tot een standaardisatie voor de lange termijn. Zo is het nu mogelijk om modems met hogere snelheden toe te passen en komen ook andere transportmedia, zoals kabeltelevisienetten binnen bereik. Daardoor kan met hogere datasnelheden worden gewerkt. Aangezien de drie kenmerkende standaardisatie-effecten van videotex hun kracht verliezen, is het duidelijk dat het terminalprotocol het enige is dat videotex onderscheidt van alle andere automatiserins-systemen. De conclusie is dan ook dat de Nederlandse PTT haar Viditel informatiedienst heeft opgebouwd rond dit terminalprotocol. Deze activiteit van de PTT heeft als resultaat een zekere standaardisatie, het opzetten van de technische en organisatorische infrastructuur voor videotexdiensten, een investering en tenslotte een poging om het publiek gewend te doen raken aan dergelijke informatiesystemen. Ten aanzien van de investering wil ik nog opmerken dat, zoals in het Regeringsstandpunt op het rapport van de Stuurgroep Zoutendijk staat vermeld, tot 1984 de Overheid *f* 24 miljoen heeft geïnvesteerd in de ontwikkeling van Viditel en het bedrijfsleven *f* 60 miljoen.

Wat is nu de stand van Zaken van Viditel.

Om dit te kunnen beoordelen moeten wij een scheiding aanbrengen tussen enerzijds de besloten gebruikersgroepen en anderzijds de publieksmarkt. Ten aanzien van het gebruik van Viditel voor besloten gebruikersgroepen kunnen we opmerken dat hier sprake is van een toenemend succes. Niet alleen van het gebruik van Viditel ten behoeve van profesionele gebruikers neemt gestaag toe, maar ook de zogenaamde private-viewdatasystemen voor gebruik binnen organisaties. De redenen zijn: de standaardisatie, het gebruik van telefoon- en datanet, de eenvoud en het relatief goedkoop zijn van videotex-informatiesystemen. Op de profesionele informatiemarkt vindt men dus veel interessante toepassingen van videotex. Dat is het gevolg van een goed definiëerbare doelgroep met een bekende informatie-behoefte, waaraan voorhanden zijnde informatiebronnen kunnen worden gekoppeld. De toepassingen die nu veel opgang maken, zijn in de financiële, transport-, medische, handels-, juridische en parlemantaire sectoren van het bedrijfsleven en in het algemeen in het midden- en kleinbedrijf.

Met betrekking tot de ontwikkeling van videotexdiensten voor de consumentenmarkt is er sprake van een ernstige stagnatie. Op het ogenblik zijn er zo'n 14.000 Viditel-abonnees. Dit is ver beneden de aantallen, die enkele jaren geleden nog werden voorspeld door de PTT. Weliswaar is er nu sprake van een zekere opleving als gevolg van een hernieuwde interesse in Viditel dankzij de mogelijkheden telesoftware van bezitters van home- en personalcomputers. Toch heb ik de stellige indruk dat het hier meer de interesse betreft van een nieuwe, maar beperkte doelgroep en dat het niet betekent een definitieve doorbraak van Viditel voor de consumentenmarkt. De reden dat er voor Viditel nog steeds zo'n geringe belangstelling is, komt doordat het medium nog wordt ervaren als duur in vergelijking met de reeds bestaande media en diensten. Bovendien heeft de PTT niet uitgeblonken in marketing en is het systeem nog te vaak gebruiksonvriendelijk. Dat heeft te maken met de vaak slechte kwaliteit van inhoud, zoekstructuur en vormgeving. Samenvattend kan worden gesteld dat Viditel voor de consumentenmarkt nog onvoldoende waarde levert.

Welke zijn dan de eisen die moeten worden gesteld aan een mogelijke, succesvolle toepassing van tele-informatiediensten in de consumentenmarkt. De Verenigde Nederlandse Uitgeversbedrijven (VNU) B.V. hanteert hiervoor de volgende vier cirteria: lage kosten voor de consument, gebruiksvriendelijkheid, marktgericht produktconcept, dus niet techniekgericht, en het hanteren van een uitgeefconcept waardoor kwaliteitseisen met betrekking tot de herkenbaarheid, consistentie, actualiteit en volledigheid worden gegarandeerd. Met name de over het algemeen te hoge kosten in relatie tot de toegevoegde waarde, hebben vele experimenten met tele-informatiediensten voor de consument doen mislukken.

Desalniettemin is er in Nederland op dit ogenblik sprake van een hernieuwde belangstelling voor videotexdiensten. Dat heeft te maken met een aantal media-ontwikkelingen in Nederland van de laatste twee jaren. Zo zijn het uitkomen van de Medianota, het opstellen van de kabelbeschikking en de huidige opzet van een nieuwe media-wet, een belangrijke stimulans geweest om het weer opnieuw overdenken van gebruik van andere media dan telefoonnet voor het aanbieden van tele-informatiediensten. Ook het rapport van de Commissie Swarttouw en het Regeringsstandpunt daarop, hebben hierin een rol gespeeld. Met verwachting wordt uitgezien naar het vervolg op Swarttouw, van de Commissie die is genoemd naar haar voorzitter de heer Steenbergen. Ook het reeds genoemde rapport van Prof. Zoutendijk en het daarna volgend officieel erkennen van Viditel, hebben hun bijdrage geleverd. Tenslotte heeft het rapport van de Projectgroep Beleid Informatietoepassingen (BIT-commissie), bestaande uit de hoogleraren Bordewijk en Arnabak een belangrijke rol gespeeld.

Naast het feit dat de politieke omgeving is veranderd, constateren uitgevers en andere informatieleveranciers dat er een wijziging plaatsvindt in de wijze waarop consumenten gebruik maken van informatie. Om dit duidelijk te maken, zal ik gebruik maken van de terminologie zoals die is opgesteld door Prof. Bordewijk. Hij heeft de termen allocutie en consultatie geïntroduceerd. Onder allocutie wordt verstaan het verspreiden van informatie, waarbij de ontvanger van de informatie geen invloed kan uitoefenen op de volgorde, het tempo en het tijdstip van uitzenden van de informatie. Voorbeelden van allocutoe zijn omroep en direct mail. Onder consultatie daarentegen wordt verstaan het informatie-

verkeerspatroon, waarbij de consument van de informatie actief deelneemt in het proces van informatie-overdracht. Zo bepaalt hij of zij het tijdstip, waarop hij de informatie ontvangt en de volgorde en het tempo.

De verschuiving die uitgeverijen waarnemen in het informatieverkeerspatroon is dat de consument steeds meer overgaat van allocutief naar consultatief informatie consumeren. De reden is dat het aanbod van informatie steeds meer wordt verbreed en dat de informatie-vraag steeds individueler gericht wordt. De enige mogelijkheid om de veranderde informatievraag en het informatie-aanbod op elkaar te laten aanpassen, is het gebruik maken van consultatieve media. Via elektronische media kan de interactie tussen informatiebron en informatieconsument redelijk eenvoudig en waarschijnlijk tegen een redelijke prijs worden gerealiseerd.

Nog even terug naar de nieuwe media-regel- en wetgeving. De conclusie uit de discussies van de laatste twee jaar is, dat het bedrijfsleven toegang krijgt tot de kabel. Dat betekent, dat nieuwe media zoals abonnee-televisie, kabelkrant en kabeltekst mogen worden geëxploiteerd door het bedrijfsleven. Dat betekent concreet dat teletext- en videotexdiensten via de kabel binnen het bereik van het bedrijfsleven komen. De vraag die dan opkomt is: "Hoe is het gesteld met de mogelijkheden van markt, techniek en regel- en wetgeving".

De Vereniging Nederlandse Videotex Informatieleveranciers (VNVI) heeft deze vraagstellingen opgepakt en dat heeft inmiddels geleid tot een studie naar de relatie tussen de tele-informatiediensten en telecommunicatie-infrastructuren. In deze studie heeft de VNVI onderzocht in hoeverre de voorhanden zijnde infrastructuren aan de technische eisen, die moeten worden gesteld aan tele-informatiediensten, kunnen voldoen. Deze twee zaken zijn met elkaar vergeleken en hebben geleid tot een overzicht van tele-informatiediensten en de mogelijkheden om deze tele-informatiediensten via verscheidene telecommunicatie-infratructuren te exploiteren. Daarbij is aangegeven of het mogelijk is en wat daarvan de kosten zijn, en als het niet mogelijk is, wanneer het dan wel mogelijk zal zijn en wat daarbij de problemen zijn. Verder is de VNVI betrokken bij het opzetten van een studie, waaruit zal moeten blijken wat vraag en aanbod zijn van tele-informatiediensten. Deze tweede studie is dus een veel meer een marktgerichte studie. De eerste was een technische gerichte studie. Tenslotte zal de VNVI in het kader van marktexperimenten met tele-informatiediensten via kabelexperimenten in Zuid-Limburg, Amsterdam en Zaltbommel, trachten meer informatie te krijgen over de marktmogelijkheden van tele-informatiediensten voor de consumentenmarkt via de kabel.

Het totale dienstenpakket bevat de reeds eerder genoemde drie categoriën, informatie-diensten, transactionele-diensten en communicatie-diensten. Onder de informatie-diensten worden verstaan; nieuws, consumenten informatie, hobby informatie, encyclopedische informatie, vervoers-informatie, enz. Daarnaast educatie en ook de onvermijdelijke spellen. Onder de transactionele diensten worden verstaan: winkelen, bankieren, verzekeren en reserveren. Onder de communicatie-diensten worden verstaan: het elektronisch prikbord, waar iedereen zijn advertentie kan plaatsen welke via een automatisch gerubrieerd systeem kan worden opgevraagd, de elektronische postbus voor uitwisseling van informatie in besloten groepen, persoonlijke post en tenslotte tele-software en tele-data. Gegeven een dergelijk totaal pakket van tele-informatiediensten is het de vraag welke telecommunicatie-infrastructuur daarvoor het beste kan worden gebruikt. Er zijn een aantal mogelijkheden voor handen die ik hier zou willen noemen. Als we kijken naar de eenweg-informatie-transport-mogelijkheden, dan kennen we de ether, de kabel en de satelliet. De ether is verboden terrein voor het bedrijfsleven omdat daar de omroep als monopolie kan functioneren. De satelliet voor niet-tv-achtige toepassingen is vooralsnog te duur. De eenweg-kabel is een aardige mogelijkheid, als het gaat om tele-informatiediensten. Dan is evenwel de informatiecapaciteit van een teletextdienst met maximaal 800 informatiepagina's te beperkt. Ala we kijken naar de tweeweg-mogelijkheden is er de combinatie, van het kabeltelevisienet en het telefoonnet. Deze combinatie wordt het hybride systeemconcept genoemd. Een toepassing daarvan is de Ditzitel Informatiedienst, waarmee VNU in 1986 in Amsterdam wil starten. Ik kom daar zo nog op terug. Een andere mogelijkheid is de combinatie satelliet en de telefoon. Hiermee zal worden geexperimenteerd in het kader van het Olympus-

Info-project. Verder bestaat er uiteraard de bekende mogelijkheid om telefoon tweeweg te gebruiken zoals bij videotexdiensten. Tweeweg-kabel is vooralsnog geen reële mogelijkhied, gezien de ongunstige verhouding tussen kosten en baten, als we kijken naar het tweeweg geschikt maken van bestaande eenweg-kabeltelevisienetten, en het aantal diensten dat daarover kunnen worden geëxploiteerd. Met andere woorden, het economisch draagvlak is te smal voor rendabele exploitatie van tweeweg-kabeltelevisienetten.

De belangrijkste conclusie van de VNVI is, dat het hybride systeemconcept (combinatie kabeltelevisienet - telefoonnet) een interessante optie is. Als we kijken naar de twee samenstelende delen van deze hybride infrastructuur dan kunnen we de volgende karakteristieken noemen. Het telefoonntet is een wereldwijd geschakeld, smalbandig, gestandaardiseerd telecommunicatienetwerk, dat zowel technisch als economisch is geoptimaliseerd voor conversatie. Zowel spraak als data kunnen via dit netwerk met een bandbreedte van 3400 Hz, met een gemiddelde investering per aansluiting van ƒ 4.000,=, worden gerealiseerd. Kabeltelevisienetten zijn geheel andere infrastructuren. Zij zijn lokaal of soms regionaal, breedbandig, in beperkte mate gestandaardiseerd, en technisch en economisch geoptimaileerd voor distributie van informatie; in de terminologie van Bordewijk allocutie. Een kabeltelevisienet heeft een bandbreedte per kanaal van 5MHz en een aansluiting kost gemiddeld ƒ 750,=. Omdat een kabeltelevisienet zo geschikt is voor distributie van informatie en omdat het een breedbandig medium is (grote informatietransport-capaciteit), is het zeer interessant voor informatieleveranciers en uitgevers, wier taak het voor een groot deel is informatie te verspreiden. Als we echter optimaal gebruik willen maken van de mogelijkheden van de nieuwe media met het consultatieve karakter via tweeweg-capaciteit, komt het telefoonnet van pas. Wat wij in wezen doen bij het hybride systeemconcept, is gebruik maken van de voordelen van beide infrastructuren (bij het telefoonnet wereldwijd geschakeld, en bij kabelnetten breedbandig, distributief) en daarbij elimineren van de nadelen van de infrastructuren (telefoonnet smalbandig, noodzakelijk aanschaffen modem, en kabelnetten eenweg-geschikt, lokaal). Wanneer we de vier mogelijke infrastructuren op een rij zetten, komen we tot de volgende conclusie. Via het tweeweg-telefoonnet kunnen videotexdiensten worden geëxploiteerd. De reden dat dat voor de consumentenmarkt tot nu toe niet heeft geleid tot succes, komt door de kosten voor modem en decoder, altijd nog zo'n ƒ 1200,= tot ƒ 1500,=, en de smalbandigheid ofwel geringe informatietransportcapaciteit. Van de eenweg infrastructuren, zijnde ether, kabel en satelliet, is kabel het meest voor de hand liggend. Maar een teletextdienst heeft een te geringe informatiecapaciteit. Een tweeweg-kabel-infrastructuur voor videotexdiensten komt voorlopig niet in aanmerking omdat het te duur is en nog nergens bestaat. Het hybride systeemconcept zal weleens een oplossing kunnen zijn.

Tot slot wil ik nog ingaan op een aantal experimenten die op het ogenblik in voorbereiding zijn of worden uitgevoerd.
Het kabelexperiment Zuid-Limburg, waartoe drie jaar geleden door het Kabinet een eerste aanzet is gegeven, heeft een moeilijke tijd doorgemaakt en heeft op 11 januari j.l. geleid tot het besluit van het Kabinet om het initiatief in handen te leggen van het bedrijfsleven, in het bijzonder de dienstenaanbieders. Op initiatief van VNU is een werkgroep Zuid-Limburg in het leven geroepen, welke onderzoekt in hoeverre het mogelijk is om binnen de beperkende randvoorwaarden van het Kabinet en de Provincie Limburg tot een zinvol experiment te komen. Inmiddels is ervoor gekozen de duur van het experiment te beperken tot vijf jaar, en niet uit te gaan van tweeweg-kabel, maar van het hybride concept. Aan de kabeltelevisienetten van Maastricht, Kerkrade en Heerlen zullen 92.000 woningen en bedrijfspanden worden aangesloten. Er zal gebruik worden gemaakt van kiesmatrices, dat zijn schakelaars in het net waardoor individuele adressering van programma's en informatie mogelijk is. Verder zullen op zekere schaal alfanumerieke toetsenborden met infrarood- afstandsbediening en automatische telefoonkiezers bij de mensen worden geplaatst, waardoor met trefwoorden in grote databanken kan worden gezocht. Tenslotte zal de mogelijkheid bestaan voor een aantal aangeslotenen om met behulp van een aparte abonneemodule stilstaande videobeelden te ontvangen binnen de videotexdienst ten behoeve van geavanceerde tele-informatiediensten zoals winkelen en reserveren.

VNU heeft het initiatief genomen om tegelijkertijd in Amsterdam een experiment

uit te voeren met de zogenaamde Ditzitel Informatiedienst. Ook deze videotexdienst zal gebruik maken van de hybride infrastructuur, maar zodanig dat, wanneer een kabel-aangeslotenen in het bezit is van Teletekst-aangepast televisietoestel en een druktoetstelefoontoestel, hij of zij geen enkele investering hoeft te doen in apparatuur bij hem thuis om van de Ditzitel Informatiedienst gebruik te maken. De start van het experiment is gepland in september 1986 en dan zullen er in Amsterdam en omstreken circa 400.000 kabelaansluitingen zijn. De abonnee zal per maand een basis-abonnementsbedrag van slechts ƒ 2,50 moeten betalen. Daarnaast zal hij nog zijn telefoonkostenrekening moeten betalen. Het betreft wel altijd lokaaltarief, dat betekent ƒ 0,15 per 5 minuten overdag of per 10 minuten 's avonds en in het weekend.

Tenslotte wil ik u nog noemen het Olympus-Info-project. De Olympus is een experimentele telecommunicatiesatelliet die in 1987 zal worden gelanceerd door de Europese ruimtevaart organisatie, European Space Agency (ESA). Op deze telecommunicatiesatelliet bevinden zich twee omroeptransponders. Met een omroeptransponder wordt bedoeld een elektronisch instrument, dat een signaal dat van de aarde wordt opgestraald ontvangt, en naar de aarde terugstraalt met een zodanig vermogen dat een ontvanger met een schotel met een diameter van circa 60 tot 90 cm. het signaal kan opvangen en op zijn televisiescherm kan weergeven. Eén transponder is reeds vergeven aan de Italiaanse omroep organisatie RAI, de andere transponder is nog beschikbaar voor experimenten. Daarvoor zijn nu twee aanbieders, de eerste bestaat uit een groep van vier omroeporganisaties onder de vlag van de Europese omroep organisatie, European Broadcasting Union (EBU). Deze vier omroeporganisaties zijn wederom de Italiaanse RAI, de Ierse omroeporganisatie, ARD uit de Bonds Republiek en tenslotte het trekpaard de NOS. De NOS speelt in dit Olympus-TV-project een leidende rol, dankzij een subsidie van Minister Brinkman van WVC van ƒ 42 miljoen. De andere aanbieder van een experiment met de tweede omroeptransponder is een cluster van bedrijven en organisaties, met als initiatiefnemer de Technische Hogeschool Delft en VNU. De andere deelnemers zijn TH Eindhoven, de PTT, ITT/NSEM en het raadgevende ingenieursbureau op het gebied van telecommunicatie in Geleen, Intercai. De bedoeling van het experiment is na te gaan in hoeverre het mogelijk is om een omroepsatelliet, in dit geval, te gebruiken voor de distributie van een tele-informatiedienst zoals Ditzitel. In de praktijk komt het er op neer dat het beschikbare televisiekanaal wordt gevuld met een mix van stilstaande videobeelden, audiografische signalen, teletext en data. In de verschillende kabelkopstations en tien privé ontvangstschoteltjes zal het signaal weer uit elkaar worden gerafeld, zodanig dat iedere ontvanger een individueel programma of individuele informatie kan ontvangen.

Ik wil voorkomen dat na deze opsomming van toekomst-gerichte experimenten men te snel denkt, dat het nu ineens allemaal gaat gebeuren. In het begin van mijn verhaal heb ik u er al op gewezen, dat het concept van videotex reeds is bedacht door Sam Fedida in 1970. De planning die door VNU wordt gehanteerd voor deze, op de consument gerichte tele-informatiediensten is als volgt.
Een experimentele periode tot 1990. Bij uitzicht op commerciële exploitatie van deze diensten, uitbreiding naar nationale schaal tussen 1990 en 1995. En tenslotte bij nog steeds uitzicht op rendabele exploitatie, uitbreiden tot een werkelijke bedrijfsmatige activiteit tussen 1995 en 2000. VNU hoopt tegen het einde van dit millennium, dat een redelijk deel van haar omzet en winst wordt behaald via deze tele-informatiediensten.
Een periode van dertig jaar tussen het tijdstip van conceptie van een door de techniek mogelijk gemaakte dienstenverlening en het tijdstip waarop de dienst daadwerkelijk een maatschappelijk fenomeen is, is geen nieuw verschijnsel. Ook bij de telefoon en de televisie heeft het dertig jaar geduurd. Mensen en samenleving hebben nu eenmaal ruim een generatie nodig om ingrijpende technische veranderingen te obsorberen. Dat is een natuurlijke psychische en sociologische constante.

Samenvattend en terugkomend op de titel van mijn voordracht, namelijk "De schone dochters van viewdata", wil ik u meedelen dat volgens mij de introverte, die zakelijk wordt gebruikt en de extraverte, die zich ontwikkelt tot een pronte publieke vrouw.

Voordracht gehouden tijdens de 328e werkvergadering.

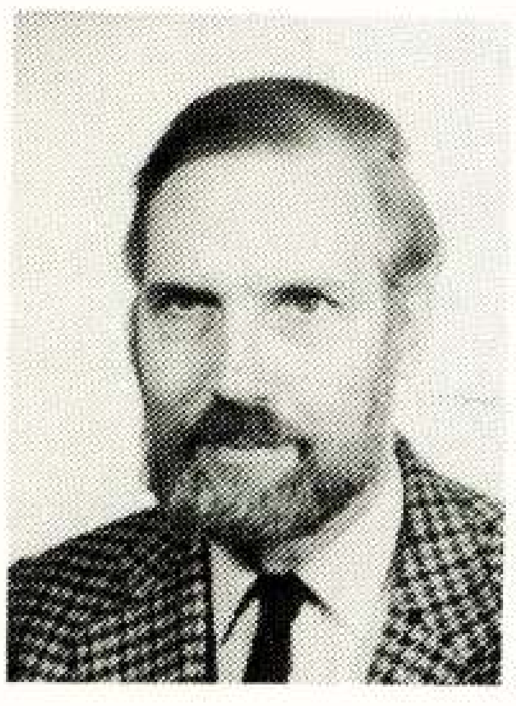
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(328ste werkvergadering)
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHIEK VAN HET KIvI
IEEE BENELUX SECTIE

UITNODIGING

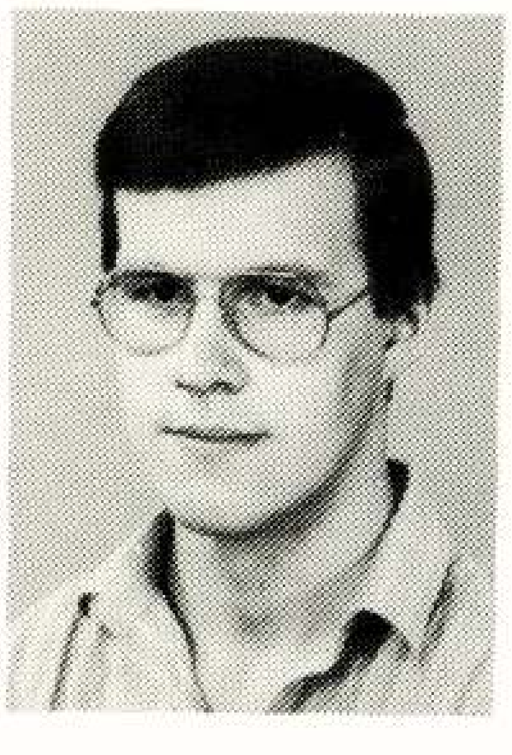
voor de lezingendag op **14 december 1984** in het **Jaarbeurs Congrescentrum (Beatrixgebouw)** te **Utrecht** en voor de jaarvergadering van de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het KIvI.
THEMA: NIEUWE TELECOMMUNICATIE DIENSTEN.

PROGRAMMA

9.30 uur:	Ontvangst en koffie
10.00 uur:	**Ing. G. J. van Velzen,** (Centrale Directie PTT) INLEIDING
10.15 uur:	**Ir. P. J. C. Hamelberg** (Centrale Directie PTT) DE INFRASTRUCTUUR
10.50 uur:	**Ir. J. Zandberg** (Ericsson Telefoonmij. B.V.) SERVICE 06
11.25 uur:	Koffiepauze
11.55 uur:	**Ir. F. K. Kappetijn** (VNU-Nieuwe Media) VIDEOTEXMOEDER BAART SCHONE DOCHTERS
12.30 uur:	Lunchpauze
13.45 uur:	**Jaarvergadering van de Sectie voor Telecommunicatietechniek** - Jaarverslag 1983 - Voorlopige uitkomsten 1984 - Bestuursmutaties. - Financieel verslag 1983 - Begroting 1985
14.00 uur:	**Ir. H. van Kampen** (Philips Telecommunicatie Industrie) Foto 1 ELECTRONIC MAIL
14.30 uur:	**Ing. H. de Goede** (Kabeltelevisie Advies Instituut) Foto 2 NIEUWE DIENSTEN OVER DE KABEL
15.00 uur:	**Prof. Ir. J. L. de Kroes** (Voorzitter Sectiebestuur) UITREIKING PROF. BÄHLERPRIJS 1984
	Ir. J. van 't Ooster Foto 3 PERFORMANCE ANALYSE VAN HET TWENTENET
15.30 uur:	**Receptie in de ontvangsthal**
Dagvoorzitter:	**Ir. W. F. van Rookhuijzen**







Aanmelding dient te gebeuren door het inzenden van de aangehechte kaart, **gefrankeerd** met een postzegel van **50 cent,** en door overmaking van het verschuldigde bedrag op postrekening 576595 t.n.v. Penningmeester Sectie voor Telecommunicatietechniek te Oosterhout, onder vermelding van "NIEUWE DIENSTEN".

De kosten van deelname zijn nihil voor de leden van de georganiseerde gezelschappen. De kosten voor de lunch bedragen voor hen Hfl. 25,--. Introducee's zijn voor toegang en lunch Hfl. 35,-- verschuldigd.

Het Jaarbeurs Congrescentrum is gelegen achter het Centraal Station te Utrecht. De ingang bevindt zich aan de Croeselaan. Voor parkeren is gelegenheid op het Jaarbeursparkeerterrein aan de overzijde. Voor treinreizigers zijn NS-reductiebonnen (20%) aan te vragen.

De Prof. Bählerprijs is door de Sectie voor Telecommunicatietechniek ingesteld voor het beste afstudeerwerk op het gebied van de Telecommunicatie-techniek aan een Technische Hogeschool in Nederland. De voorzitter van het Sectiebestuur zal in deze vergadering de prijs uitreiken, waarna de prijswinnaar een korte samenvatting van het afstudeerwerk zal geven. Aansluitend is er een receptie waar alle aanwezigen welkom zijn.

Namens de samenwerkende verenigingen,
Hoogachtend,
Ir. W. F. van Rookhuijzen Tel.: 070-814501

NIEUWE DIENSTEN OVER DE KABEL

ing. H. de Goede
BV Kabeltelevisie Advies Instituut

New services on the cable. The existing cable-tv networks are not fully exploited. A part of the day there is not any transmission of information; and even as there is, the actual bandwidth is only partly used.

To have more profit of this transmissionmedium the cable-operators can offer new services. The possibilities for realisation of these depend strongly on the technical solutions and the costs involved

After many discussions in the parlement the Dutch Government made some laws to regulate the technical state of the growing number of cable-tv systems. The Dutch PTT has got the supervision of these systems.

At the moment in the Netherlands the mini-star (mini-node) networks are very common (70% of the subscribers) and gives the most possibilities to upgrade the networks to introduce new services. In the beginning homeconverters will be installed but within a few years after this these will be replaced by off-premise equipment; channelblocking- or convertertechnics will be used by then. Channelblocking give cheap temporary solutions, channelconverters offer a wide range of possibilities for channelselection and pay per view in the future. Both permit videotex-based services.

1. INLEIDING

De huidige kabeltelevisienetten worden niet volledig benut, een deel van de dag wordt geen informatie over het net verstuurd, terwijl meestal slechts een deel van de beschikbare frekwentieruimte wordt aangewend.
De exploitanten van deze netten zoeken dan ook naar mogelijkheden om hun netten meer rendabel te maken. Veelal gaan de gedachten uit naar nieuwe diensten die aan de aangeslotenen kunnen worden beschikbaar gesteld. De haalbaarheid van deze plannen hangt nauw samen met de benodigde technische oplossingen en de daarmee gepaard gaande kosten. Het doel van deze inleiding is een beter beeld te geven van de stand van bekabeling in Nederland, de toegepaste netkoncepten en de mogelijkheden deze netten in de (nabije) toekomst geschikt te maken voor nieuwe diensten.

2. KORTE HISTORIE

In de 50-er jaren werd een aanvang gemaakt met de aanleg en exploitatie van kollektieve antennevoorzieningen door partikuliere instanties. Strikt genomen was dat in strijd met de toen geldende bepalingen van de Telegraaf- en Telefoonwet.
Het duurde tot december 1965 voor een voorstel werd ingediend tot wijziging van de desbetreffende bepalingen van de Telegraaf- en Telefoonwet.

Bij behandeling in de Tweede Kamer ondervond dit voorstel zodanige weerstanden dat pas in 1969 de Telegraaf- en Telefoonwet terzake werd aangepast. Vanaf dat moment werd in artikel 3 sexies bepaald dat de minister van Verkeer en Waterstaat draadomroepinrichtingen van bijzondere aard of geringe omvang kan aanwijzen waardoor volstaan kan worden met het verstrekken van een machtiging door de direkteur-generaal van de PTT. Deze aanwijzing geschiedde middels de beschikking van 27 juli 1970 waarin werd omschreven wat onder gemeenschappelijke- en centrale antenne-inrichtingen (gain en cain) moest worden verstaan. Bovendien werd bepaald dat de direkteur-generaal van de PTT aan het verstrekken van machtigingen technische- en administratieve voorwaarden kon verbinden.

Gesteund door dit machtigingenstelsel werden voorschriften voor gain- en cain opgesteld.
Het eerst koncentreerden de voorschriften zich op de veiligheid doch later kwam het aksent meer op de transportkwaliteit te liggen.
Al snel groeide de behoefte aan grotere eenheden en er werden machtigingen aangevraagd voor centrale antenne-inrichtingen van gemeentelijke omvang.
Hiermee kwam het fenomeen kabeltelevisie tot leven.

De overheid (PTT) volgde deze ontwikkeling met argusogen en bewerkstelligde dat op 6 maart 1974 de Aanwijzigingsbeschikking zodanig werd aangepast dat aan een machtiginghouder de verplichting kon worden opgelegd om gebruik te maken van door de PTT, tegen vergoeding, ter beschikking te stellen gedeelten van het net, het zogenaamde koppelnet. Naar zeggen van de PTT kon (en kan) waar mogelijk en zinvol, een gemeenschappelijk gebruik worden gerealiseerd van verbindingen ten behoeve van PTT-diensten en voor de distributie van (omroep)programma's. Tot op heden is dat gemeenschappelijk gebruik nog niet gerealiseerd.

De machtigingsvoorwaarden werden op 1 juni 1981 herzien en opnieuw door de direkteur-generaal van de PTT vastgesteld. Deze herziening hield ondermeer in een samenvoeging van de voorwaarden voor gain en cain, naar analogie van de samenvoeging van de Technische Voorschriften voor deze inrichtingen.

Naast de minister van Verkeer en Waterstaat kent de cai nog een andere "baas", namelijk de minister van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur. Deze moet zich weliswaar beperken tot bemoeienis met de programma-inhoud, de "software", maar heeft door zijn regelgeving, denk aan de Medianota, toch vrij direkt invloed op de ontwikkelingen in de "hard-ware". Immers door het wel of niet toestaan van bepaalde nieuwe vormen van diensten ontstaat er druk op de ontwikkeling van apparatuur die deze vormen van diensten mogelijk moet maken.

3. GEBRUIKTE NETKONCEPTEN

In een kabeltelevisienet worden de antennesignalen via een lokaalverdeelnet, in de band 40 tot 300 MHz, gebracht naar de wijkcentra waar de niet voor ethergebruik toegestane kanalen omgezet worden naar kanalen in de UHF-band, om vervolgens via groep- en eindversterker de aansluitdoos in de woning te bereiken. Doordat de voorschriften niet altijd, zeker in het begin niet, gelijke tred hebben gehouden met de technische ontwikkelingen, kunnen bij een inventarisatie van de verschillende kabelsystemen nogal wat afwijkingen worden gekonstateerd. Ruwweg zijn, behalve de kollektieve voorzieningen van het eerste uur, met betrekking tot de eindnetten een vijftal door PTT geaksepteerde koncepten te onderkennen, te weten:

* rijgnet
* aftaknet
* mini-sternet
* meegroeinet
* DeltaKabel kiestelevisienet (DKS-net)

3.1. Rijgnet

Bij een rijgnet zijn de aansluitdozen via een kabel met elkaar verbonden. Behalve technische nadelen, het niveauverschil tussen de signalen aan het begin en eind van de streng kan aanzienlijk zijn, kleven er ook exploitatieve nadelen aan dit koncept. Voor de exploitant wordt het erg moeilijk om de aansluiting met het net

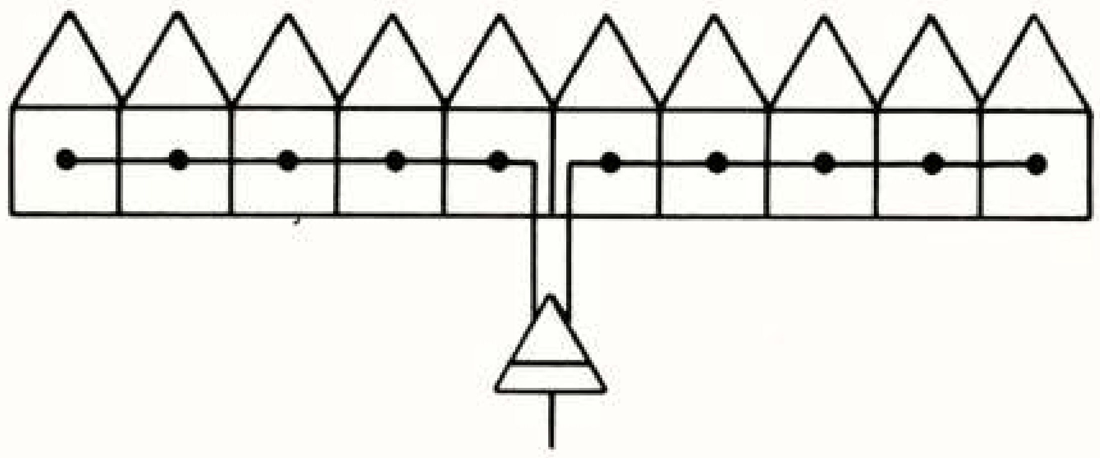


Fig. 1: Rijgnet

van iemand, die niet zijn betalingsverplichtingen nakomt, te verbreken indien er abonnees verderop in de streng wel trouw betalen. Uiteraard raakt dit gegeven bekend en bij rijgnetten waarvan de abonnees gemiddeld geen getrouw betalingsgedrag vertoonden, wordt een statistisch gezien hoog aantal trouwe betalers aangetroffen aan het einde van de strengen.
Ook vanuit een storingstechnisch oogpunt gezien, waren rijgnetten niet zo plezierig omdat alle goed bedoeld gesleutel aan de aansluitdoos direkt gevolg had voor overige aangeslotenen. Dit alles tezamen heeft geleid tot een verbod van aanleg van dit nettype na december 1981.

3.2. Aftaknet

Bij een aftaknet wordt de voedingskabel buiten de woning gelegd en wordt de woning van signaal voorzien via een zogenaamd aftakelement. In de regel worden op een aftakelement twee woningen aangesloten. Dit koncept wordt momenteel nog toegepast bij de bekabeling van de wat minder dicht bebouwde gebieden.

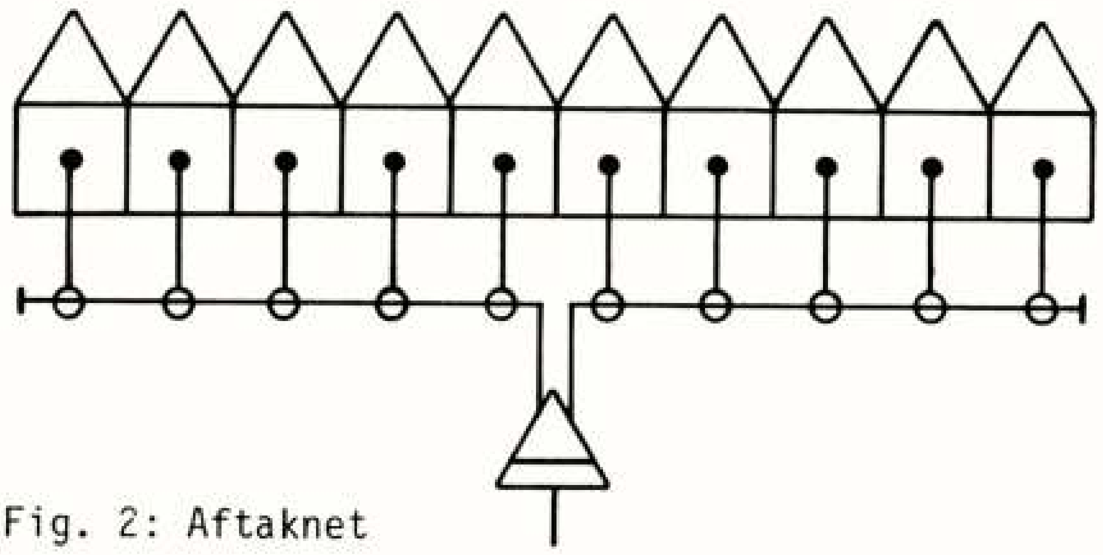


Fig. 2: Aftaknet

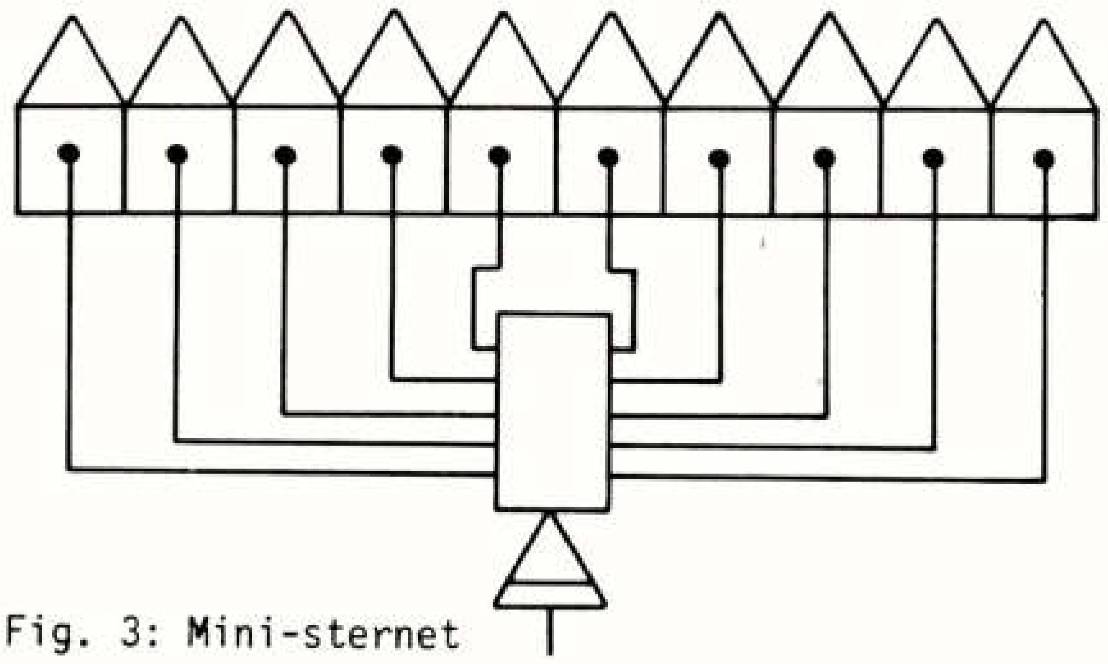


Fig. 3: Mini-sternet

3.3. Mini-sternet

Worden om wille van efficient gebruik van behuizingen en het beperken van de servicepunten meerdere aftakelementen gezamenlijk in een behuizing ondergebracht dan ontstaat een mini-sterkoncept. Bij de huidige mini-sternetten kunnen, afhankelijk van de bebouwingsdichtheid, tot 48 woningen aangesloten worden op een eindversterker.
De gemiddelde bezettingsgraad van een mini-sterkast ligt tussen de 20 en 24 aansluitingen. Met name deze koncentratie van service- en manipulatiepunten maakt dit netkoncept bij uitstek geschikt voor het aanbrengen van apparatuur met een "hogere intelligentie". Het is dan ook niet verwonderlijk dat de fabrikanten die zich gespecialiseerd hebben in het ontwikkelen van apparatuur die nieuwe diensten mogelijk moet maken, zich gekoncentreerd hebben op deze mini-sternetten.

3.4. Het meegroeinet

Het meegroeinet is een nettype waarbij de transport van informatie volledig in de VHF plaatsvindt. Om voldoende kanaalkapaciteit te waarborgen, worden twee kabels per woning binnen gebracht. De abonnee maakt zijn keuze tussen de twee kabels m.b.v. een schakelaar.
Een variant van dit koncept vormt het volledig dubbele mini-sternet, waarbij de kabellengtes reeds afgestemd zijn op het mogelijk gebruik van de UHF.

3.5. Het DeltaKabel kiestelevisienet

Een bijzondere eend in de bijt vormt het DeltaKabelsternet (DKS). Dit net kent twee netvlakken, een hoofdnet en een abonneenet. Het hoofdnet bestaat uit drie multi-coaxkabels, d.w.z. een drietal kabels die ieder op ieder op zich zijn samengesteld uit telkens 12 kabels van het type coax 12. Het hoofdnet vormt de verbinding tussen de kiescentrales. Het abonneenet levert de verbinding van de kiescentrales met de woningen en wel zodanig dat iedere abonnee rechtstreeks verbonden is met de kiescentrale. Per woning zijn vier aansluitmogelijkheden voorzien. De signalen worden getransporteerd via symetrische kabels. Een kiescentrale kan 200 abonnees bedienen. De programma's worden door de abonnee m.b.v. een kieskastje (druktoetsen) geselekteerd.

3.6. Penetratie

In Nederland zijn ca. 5.1 miljoen woningen.
Ongeveerd 500.000 woningen liggen in gebieden die waarschijnlijk nooit voor bekabeling in aanmerking komen, zodat maximaal ca. 4.6 miljoen aansluitingen op de kabel kunnen worden gerealiseerd. Iets meer dan 3.6 miljoen zijn nu reeds op één of ander systeem aangesloten, zodat nog 1 miljoen aansluitingen gerealiseerd moeten worden.

Bezien we de gerealiseerde 3.6. miljoen aansluitingen, dan zijn 400.000 aansluitingen tot 1975 aangelegd, 900.000 in de periode '75 - '78 tot stand gekomen en 2.3 miljoen aansluitingen na '78 gerealiseerd.

Naar raming zijn nu nog ca. 350.000 aansluitingen op rijgnetten, 600.000 aansluitingen op aftaknetten en 2.650.000 aansluitingen op ministernetten gerealiseerd. Veel netten bestaan uit een mengeling van de verschillende nettypen. Slechts ca. 250 gemeenten met ca. 1.3 miljoen aansluitingen hebben zuivere mini-sternetten. Met name dit laatste gegeven is in het kader van de besluitvorming met betrekking tot de uitbreiding van de kapaciteit van bestaande netten een relevant gegeven. Immers in veel gevallen zal alleen uitbreiding van de kapaciteit mogelijk zijn indien dit samengaat met de renovatie van (delen van) het net.

3.7. Kanaalkapaciteit

De kanaalkapaciteit dient tegenwoordig minimaal 12 kanalen te bedragen. Vrij veel netten hebben nu reeds een kapaciteit van 18 kanalen en zijn uitbreidbaar tot 30 kanalen.
Een belemmering voor de uitbreiding van de kanaalkapaciteit vormt ondermeer het gegeven dat de huidige televisietoestellen, een enkele uitzondering daargelaten, niet in staat zijn nabuurkanalen te selekteren.

4. TOEKOMSTIGE TECHNIEKEN

Indien een kabeltelevisie-exploitant het programmapakket van zijn net wil uitbreiden dient hij te beslissen of hij de hem ter beschikking staande kanalen voor iedereen aanwendt, danwel dat hij een programma wil introduceren dat bestemd is voor een bepaalde doelgroep. In het eerste geval behoeft hij zich alleen te bekommeren om de maatregelen die hij moet treffen om een kanaal te aktiveren, in het tweede geval zal hij zich ook zorgen moeten maken over de apparatuur die nodig is om selektief programma's door te geven. In beide gevallen kan een tekort aan kanalen hem parten spelen, doch voor deze verhandeling wordt verondersteld dat dit niet het geval is.

Wil een kabelexploitant een nieuwe dienst, bijvoorbeeld abonneetelevisie, introduceren, dan staan hem ruwweg twee methodieken ter beschikking. Hij kan kiezen voor apparatuur die bij de abonnee in woning aangebracht wordt (home converter), of voor apparatuur die buiten "in de straat" ondergebracht wordt (off premise converter).
Aan beide systemen kleven voor- en nadelen. Bij apparatuur in de woning loopt de exploitant het risiko dat aan de apparatuur gesleuteld gaat worden om te bewerkstelligen dat diensten worden verkregen waarvoor niet wordt betaald, het zogenaamde kraken van de converter. Bij het installeren van apparatuur in de straat zijn de investeringen bij het opstarten van de dienst vaak hoger. Is men niet zeker van het slagen van een nieuwe dienst dan kan het aanbeveling verdienen te starten met apparatuur in de woning om bij een gebleken sukses over te gaan naar apparatuur in het net. Paradoxaal in deze is dat in Amerika juist diensten geen sukses zijn geworden omdat ze te gemakkelijk te kraken bleken te zijn.

4.1. Home converter

Een home converter zet één of meerdere ingangskanalen om naar een vast uitgangskanaal. Wordt een dergelijke converter gebruikt voor de distributie van abonneetelevisie programma's dan dient hij ook uitgerust te zijn met een decoder om het gescrambelde signaal weer zichtbaar te maken voor de abonnee.

Er zijn decoders in alle soorten en prijzen van simpele sinc-suppression tot baseband-descramblers. Hoe ingewikkelder hoe duurder. Een belangrijk kriterium is de mate waarin de decoder gekraakt kan worden. Om het betalingsgedrag te verbeteren kan gekozen worden voor zogenaamde adresseerbare decoders. Dit zijn decoders die op afstand door de kabelexploitant aan- en afgeschakeld kunnen worden. Deze voorziening wordt vaak gekombineerd met een zeer geavanceerde methode van koderen waardoor een ogenschijnlijk zeer betrouwbaar systeem wordt verkregen.
In de centrale computer van de exploitant wordt een verband gelegd tussen het adres (het nummer) van de abonnee en de diensten die deze is geoorloogd te betrekken.
Het "adres" is veelal in een of enkele separate chips ondergebracht zodat hierbij een charmante manier van kraken is het klonen van de adreschip van iemand die op alle diensten is geabonneerd. Dit gekombineerd met een methode van georganiseerd "lenen" van converters levert nog een aardige kans op verlies van inkomsten op. In Nederland hebben de startende abonnee-tv-leveranciers in overleg met de kabelexploitanten gekozen voor een zeskanaals VHF/UHF-converter/decoder in de verkoopprijsklasse van f 350,--.

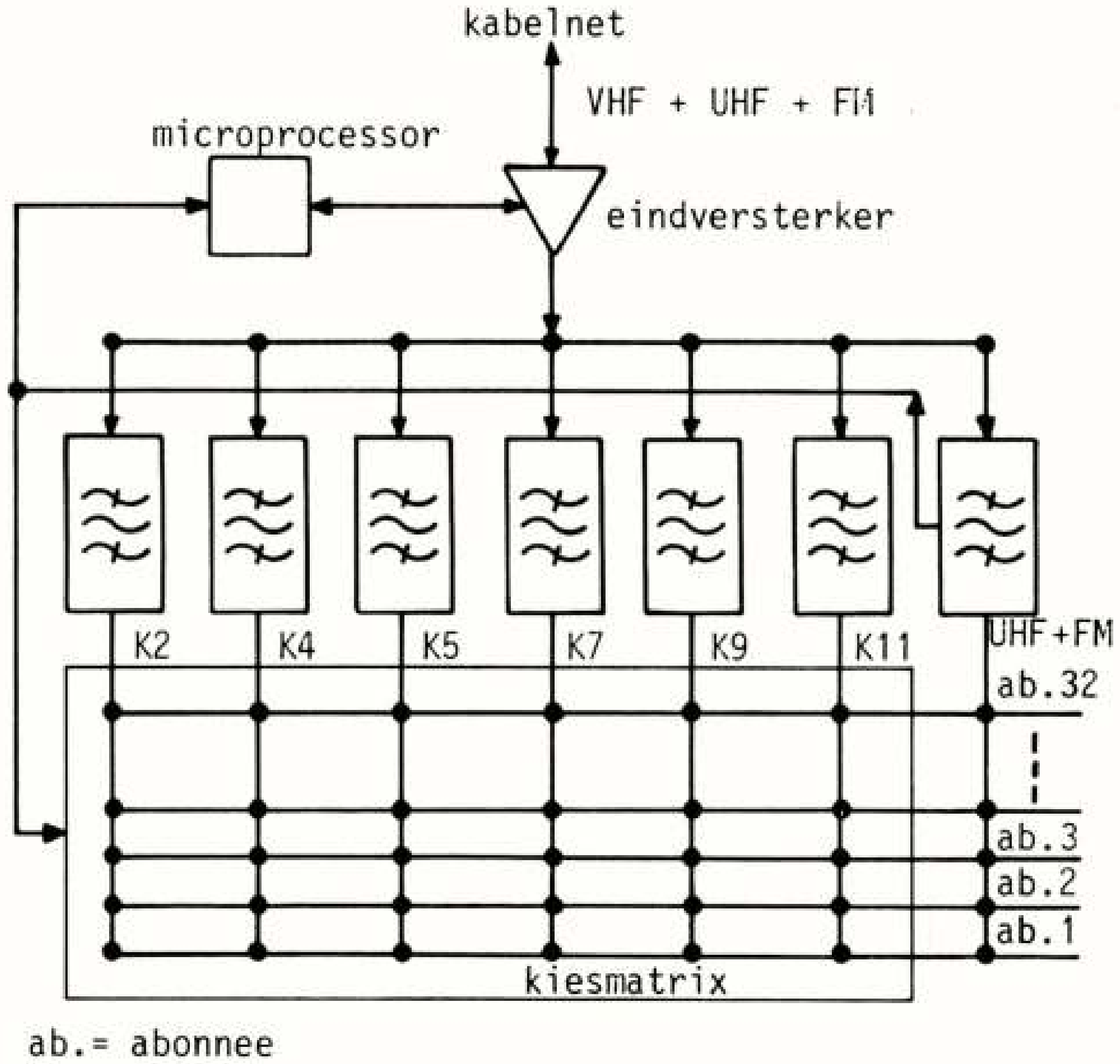
4.2. Jammen

Een (nog) niet in Nederland maar wel in Amerika toegepaste methode van selektief verspreiden van programma's is die van geadresseerd jammen. Hierbij wordt buiten de woning apparatuur aangebracht die het mogelijk maakt per kanaal en per abonnee een stoorsignaal toe te voegen of weg te laten. Dit wordt dan gekombineerd met een systeem van adresseerdbare taps, waardoor de mogelijkheid ontstaat op afstand abonnees aan en af te sluiten.

4.3. De ruimteschakelaar

De ruimteschakelaar werkt volgens het principe van een matrixschakeling. Hiermee kan op verzoek van de abonnee een kanaal aan de abonnee-aansluiting worden doorgegeven waarbij de abonnee zijn ontvangtoestel op het betreffende kanaal afstemd. Op de ingangen van de maxtrix zijn de diverse kanalen apart uitgesplitst aanwezig. Op de uitgangen zijn de abonnees aangesloten. Door het sluiten van een of meer kruispunten in de matrix worden de ingangen naar de abonnees doorgeschakeld. Het sluiten van een aantal kruispunten tegelijk is mogelijk.
Het aantal ingangen van een matrix kan variëren. De matrix zoals die in het Zuid-Limburg-projekt is aangeboden heeft 8 ingangen en 8 uitgangen. Een aantal matrices wordt samengevoegd tot een matrixblok zodat daardoor het benodigd aantal uitgangen worden aangepast aan het aantal abonnees op een mini-ster aangesloten.

De toepassingsmogelijkheden worden door de leverancier (ITT/NSEM) onderverdeeld in klasse A t/m D.



ab. = abonnee
k = kanaal
Fig. 4: Ruimteschakelaar

Klasse A

Klasse A, interaktief sterpunt, kan worden beschouwd als een kanalenzeef, waarbij de bestuursprocessen in het lokaalcentrum per abonnee bepalen welke kanalen worden uitgesluisd. Het kan plaatsvinden per kanaal of per pakket, bestaande uit aantal kanalen. Er vindt geen frekwentie-konversie plaats. De kanalen worden in de zelfde frekwentieband aan de abonnee doorgegeven als waarin zij door de mini-ster worden ontvangen, dat wil zeggen als de sluis voor het betreffende kanaal of programma "open" staat. De kanalen van het standaard pakket worden in de UHF naar het interaktieve sterpunt en naar de abonnee verdeeld. De klasse A abonnee krijgt namelijk geen additionele apparatuur en zal de kanalen uitsluitend met de tuner in zijn televisietoestel kunnen kiezen. Om deze redenen kunnen in de VHF-band bij toepassing van band I en van band III 6 kanalen worden gekozen.

Klasse B

Door het opnemen van een kiesklavier in de verbinding tussen de bestaande wandkontaktdoos en het televisietoestel wordt de klasse A-abonnee de klasse B-abonnee. Hierdoor kan de abonnee via kommunikatie met de microprocessor in het interaktieve sterpunt zelf zijn sluis in de ruimteschakelaar sluiten of openen.

Klasse C

Door het plaatsen van een abonnee-alarmbox bij de abonnee kunnen klasse C diensten worden geintroduceerd.

Klasse D

Voor de klasse D diensten (interaktieve videotex) dient de abonnee te beschikken over een kiesklavier om zijn informatie aan de microprocessor in het interaktieve sterpunt kenbaar te maken.

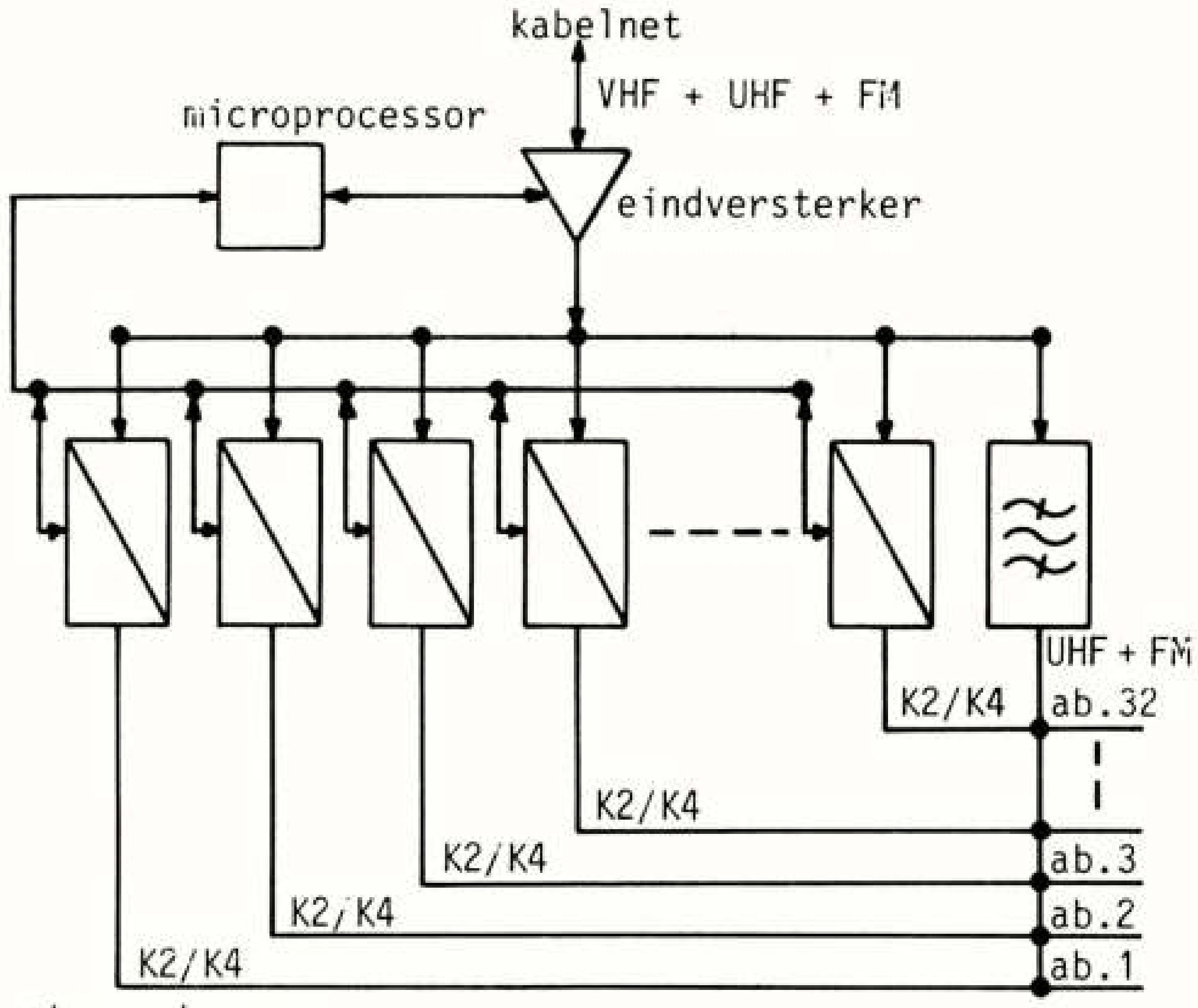
Klasse E

Bij klasse E diensten (snelle data; point to point) moet voor de abonnee de retourband naar het lokaalcentrum worden doorgeschakeld. In het interaktieve sterpunt wordt dit door de ruimteschakelaar gerealiseerd, in de overige lokaties door de retourversterkers.

In dit systeem worden bij de abonnees die van deze dienst gebruik willen maken, speciale kommunikatie-units geplaatst. In het interaktieve sterpunt wordt de onderband (5 tot 21 MHz) voor de klasse E abonnees doorgeschakeld naar het lokaalcentrum. Daar wordt de data ontvangen en via een andere frekwentieband naar de opgeroepen abonnee of naar een externe data partner doorgezonden.

4.4. De frekwentieschakelaar

De frekwentieschakelaar, zoals momenteel ontwikkeld, is een converter die de verschillende te selekteren ingangskanalen omzet naar een vast uitgangskanaal.
In het koncept zoals DeltaKabel dat heeft ontwikkeld is de toegepaste converter afstembaar op elk kanaal in de band van 40-440 MHz.
Als standaard uitgangskanaal worden de kanalen 2 en 4 gebruikt. Rekeninghoudend met de rasterindeling zoals door de PTT voorgestaan, kunnen ca. 30 kanalen worden doorgegeven via een kabel.
Elk van de VHF-kanalen is als ingangskanaal bruikbaar. Ook S- (M- en/of B-) kanalen kunnen worden gebruikt, omdat de converter ervoor zorgt dat deze kanalen niet aan de uitgang en dus niet op de aansluitdoos van de abonnee verschijnen.
Voor het Limburgse projekt wordt het UHF-pakket omgeleid. Om de parallel te trekken met de ruimteschakelaar zijn ook verschillende klasse abonnees te onderkennen.



ab. = abonnee
k = kanaal

Fig. 5: Frekwentieschakelaar

Klasse A

Hierbij kan de abonnee kiezen uit het standaard UHF-pakket en uit de betaal-tv-kanalen waarop hij geabonneerd is. Aan de aanbodzijde staan alle aanwezige kanalen ter beschikking, terwijl als afnamebeperking geldt dat een abonnee niet meer dan twee betaal-tv-kanalen gelijktijdig kan afnemen.

Klasse B

Wenst de abonnee zich op meerdere betaal-tv-kanalen tegelijk te abonneren of wil hij zelf bepalen op welk kanaal hij gedurende een door hem bepaalde periode is afgestemd (bijv. voor pay per view) dan is een bedienkastje nodig. Hierdoor wordt het bediengemak aanzienlijk verhoogd.

Klasse C

Wordt de aansluiting in de woning uitgebreid met een alarmbox dan ontstaat de mogelijkheid van doorgifte van alarmen (brand-, inbraak- en bejaarden-alarm).

Klasse D

Door het bedienkastje thuis te voorzien van videotexconverters ontstaat de mogelijkheid tot doorgifte van videotex. Daar de converter momenteel ook is uitgevoerd met een snelle schakelaar achter de converter is de mogelijkheid gekreëerd van doorgifte van stilstaande videobeelden die alleen terechtkomen bij degene die daarom heeft gevraagd.

Klasse E

Het DeltaKabel systeem kent de mogelijkheid van doorgifte van data tot aan het lokale centrum.
Deze doorgifte kan plaatsvinden via het huishoudingskanaal (op polling basis), 64kb/s tussen abonnee en mini-ster en tussen mini-ster en lokaalcentrum 500 kb/s. Ook kunnen computergestuurd point to point-verbindingen worden gekreëerd op aparte dragers. Uiteraard zal het aantal kanalen, inherent aan het distributiekarakter van het kabelkoncept, beperkt zijn.

4.5. Ditzitel

Door gekombineerd gebruik te maken van het telefoonnet en een kabeltelevisienet voor de aanvraag en distributie van meestal alphanumerieke informatie, ontstaat een dienst die momenteel als DITZITEL wordt geintroduceerd. Voorwaarde voor deze mogelijkheid is dat de abonnee beschikt over een druktoestel, aangesloten op een digitale PTT-centrale. Bovendien dient bij de start van de dienst, zo zijn momenteel de gedachten, gebruik gemaakt te worden van een reeds bij de abonnee aanwezig teleteksttoestel. Mocht de vraagt groot genoeg zijn dan is het waard te overwegen, gebruik te maken van een speciale videotext converter.
Een voordeel van een dergelijk oplossing is dat het kabelnet niet tweeweggeschikt behoeft te worden gemaakt. Daardoor blijven de investeringen beperkt. Wel is het zo dat, omdat het in feite een homeconverter-oplossing is, de informatie eigenlijk onbeschermd via de kabel getransporteerd wordt. Een hobby zou kunnen worden: het verzamelen van "dure" pagina's, danwel "vertrouwelijke" pagina's.
Beleidsmatig kan DITZITEL dienen als breekijzer om de besluitvorming rond het toestaan van diensten op de kabel en met name voor Zuid-Limburg te bevorderen.
Alhoewel vanuit een technisch oogpunt gezien het projekt niet innovatief is, immers er worden bestaande komponenten gebruikt, geeft het dienstenleveranciers wel nieuwe mogelijkheden.

5. MOGELIJKE DIENSTEN/FUNKTIES

Is een net eenmaal uitgerust met min of meer intelligente apparatuur in de mini-sterpunten, dan zijn een scala van diensten en funkties mogelijk.

Dat de Nederlander kreatief is in het bedenken van nieuwe diensten geeft het overzicht van dienstenaanbieders ten behoeve van het projekt Zuid-Limburg aan, waar 96 dienstenaanbieders claimen 156 nieuwe diensten te willen aanvangen. Wordt er een onderverdeling gemaakt naar het soort techniek die men wil gebruiken bij de overdracht van de informatie, dan blijken meerdere diensten over een kombinatie van de beschikbare middelen te willen beschikken. Onderstaand overzicht geeft aan hoe deze diensten verdeeld worden over video, teletext, video-text, data en radio.

Soort dienst:	Aantal:
* Video	67
* Teletekst	5
* Videotex	72
* Data	50
* Radio	9

De faciliteiten en gebruiksmogelijkheden zoals die voorzien zijn door de hardware leveranciers in het projekt Zuid-Limburg zijn:

* Abonnee-tv
* Betaal-tv met segmentatie per kanaal
* Betaal-tv met segmentatie per programma
* Betaal-tv met betaling per tijdseenheid
* Registratie kosten betaal-tv per kanaal per abonnee
* Opinie- en marktonderzoek
* Alarmeringen
* Informatiekanaalschakeling
* Kalamiteitenschakeling
* Video-timer en besturing
* Kijkdichtheidsmeting
* Retourverkeer (voor alle abonnees)

Dit dienstenpakket kan worden uitgebreid met:

* Interaktieve videotex
* Telebanking
* Teleshopping
* Teleteaching
* Computertoepassingen
* Telemetrie
* Datakommunikatie
* Teleconsulting

6. TOEKOMSTVISIE

De vergroting van het aanbod via satellieten, de meerdere mogelijkheden voortvloeiend uit de medianota dragen ertoe bij dat de komende jaren de netten qua kapaciteit uitgebreid dienen te worden. De vraag welke programma's doorgegeven moeten worden en welke niet, zal steeds moeilijker worden, ook zullen de abonnees steeds minder gemakkelijk aksepteren dat elke uitbreiding voor iedereen is. Er zal een toenemende druk ontstaan op het realiseren van mogelijkheden om over te gaan op segmentatie van programma's.
Diensten voor speciale doelgroepen zullen zich aandienen, al is het waarschijnlijk langzamer dan in het verleden gedacht. De kabelexploitant ontkomt niet aan de installatie van apparatuur die selektiviteit in de distributie waarborgt.
Zoals het er nu naar uitziet, zal gestart worden met homeconverters, waarbij de verwachting gerechtvaardigd is dat, bij gebleken sukses van diensten en er derhalve een hoge penetratiegraad van "intelligente" apparatuur is gerealiseerd, de exploitant genegen zal zijn voorzieningen in zijn eigen net aan te brengen.
Hiervoor zijn momenteel de ruimtekiezer en frekwentiekiezer beschikbaar. Deze laatste zal hoog scoren, indien er een behoefte aan grote individuele keuzevrijheid gewenst is.

De diensten zoals die in Zuid-Limburg gedacht zijn, zijn realiseerbaar via de in deze verhandeling besproken apparatuur. Er zijn echter ook andere mogelijkheden van transport. Denk aan het telefoonnet. Voor diensten die een landelijke dekking nodig hebben zeker het overwegen waard.

Er zal dan ook steeds afgewogen moeten worden welke drager gekozen wordt. Zeker als het Nederlands Telefoonnet zodanig is aangepast dat de standaard B.I.S.D.N. (Broadband Integrated Services Digital Network) gemeengoed is, zullen een aantal diensten, waarvoor nu de kabel nodig is, ook via dit medium mogelijk zijn.

Naar verwachting zullen een aantal diensten aanvangen op de kabel en later verhuizen naar de telefoonnetwerken. De kabelnetten zullen een eigen bestaansrecht kunnen blijven behouden.

Interessant blijven de mogelijkheden van kombinatie van beide dragers, denk aan DITZITEL. Mogelijkheden die vanuit technisch oogpunt niet innovatief zijn te noemen, maar die tekenend zijn voor kreatief denken.

Het lijkt aardig deze verhandeling over 5 of 10 jaar nogmaals te houden, om dan te zien welke delen van dit verhaal in het hoofdstuk "korte historie" terecht zijn gekomen.

Voordracht gehouden tijdens de 328e werkvergadering.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(329ste werkvergadering)
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHIEK VAN HET KIvI
IEEE BENELUX SECTIE







UITNODIGING

voor de lezingendag op **21 februari 1985** in het **Dr. Neher Laboratorium van de PTT**, **St. Paulusstraat 4** te **Leidschendam.**
THEMA: OPTISCHE SYSTEMEN EN TOEPASSINGEN.

PROGRAMMA

9.30 - 10.00 uur:	Ontvangst en koffie
10.00 - 10.40 uur:	**IR. A. DIEKEMA**, (Dr. Neher Laboratorium PTT, Leidschendam); **Foto 1** NIEUWE ONTWIKKELINGEN IN DE GLASVEZELTRANSMISSIE.
10.40 - 11.20 uur:	**IR. J. D. BREGMAN**, (Sterrenwacht Dwingeloo); **Foto 2** LAGE RUIS UITLEZING VAN CCD BEELDDETECTORS.
11.20 - 11.50 uur:	Koffiepauze.
11.50 - 12.30 uur:	**DR. IR. C. H. F. VELZEL**, (Philips Eindhoven); OPTICAL COMPUTING.
12.30 - 13.40 uur:	Lunchpauze.
13.40 - 14.20 uur:	**DR. G. J. VERHAART**, (Philips Eindhoven,); **Foto 3** OPTICAL RECORDING.
14.20 - 15.00 uur:	**IR. R. J. GELUK**, (Optische Industrie De Oude Delft, Delft); TRANSVERSE ANALOGUE TOMOGRAPHY.
15.00 - 15.20 uur:	Theepauze.
15.20 - 16.00 uur:	**IR. F. H. GROEN**, (TH Delft,) INTERFERENTIE HOLOGRAFIE.

Aanmelding dient te geschieden door inzending van de aangehechte kaart, **gefrankeerd** met een postzegel van **50 cent**, alsmede overmaking van de verschuldigde kosten op Postrekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam onder vermelding van "Optische Systemen".
De aanmelding is alleen geldig indien de aanmeldingskaart en overschrijving zijn ontvangen vóór 14 februari 1985.
In verband met de plaatsruimte is het aantal deelnemers beperkt tot 120.

De deelname voor de leden van NERG, KIvI en IEEE is gratis en voor introducee's *f* 15,00 per deelnemer.
De lunchkosten bedragen *f* 15,00.

Het dichtsbijzijnde N.S.- station is het station Leidschendam/Voorburg.
Op het terrein van het Dr. Neher Laboratorium is beperkte parkeergelegenheid.

Eindhoven, januari 1985

Namens de samenwerkende verenigingen,
DR. IR. A. J. VINCK, NERG.
Tel. 040-473672

DE PRESTATIE-ANALYSE VAN HET TWENTENET

Ir. J. van 't Ooster
Océ Nederland B.V.

In this paper a performance analysis of Twentenet is presented based on a simulation model. Twentenet is a Local Area Network (LAN) that uses the Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) principle as access method. A coaxial cable is the transmission medium with a maximum length of two kilometres and a transmission rate of up to 16 Mbit/s is possible. Collisions are resolved on the basis of message priorities and address priorities.
In order to build a computationally efficient simulation model we have developed a finite state machine consisting of only four states that describes the complete Medium Access Control (MAC) service provider of Twentenet. Thus the model is capable of simulation each possible configuration.
Performance measures are determined by the regenerative method. This renders strongly consistent point estimates for each performance measure. By applying the central limit theorem this method also calculates confidence intervals of these measures that indicate the statistical accuracy of the point estimates.
The influence of the important system parameters such as cablelength and retry-limit is shown. The influence of a few traffic types defined in benchmarks is also studied. From the simulations we are capable of deriving the general behaviour of Twentenet.

1 Inleiding

Dit artikel is een weergave van het onderzoek dat in het kader van een doktoraal studie door de auteur verricht is in de periode februari 1982 t/m juni 1983 bij de vakgroep Communicatie techniek van de afdeling Elektrotechniek van de Technische Hogeschool Twente te Enschede. Het onderzoek richtte zich op de prestatie analyse van het Twentenet, een lokaal netwerk, dat vanaf 1979 (TILB, 1980) ontwikkeld wordt door diverse groepen van de TH Twente.

Een lokaal netwerk kan gekenmerkt worden als een communicatiemiddel dat een beperkt gebied bestrijkt, hoge transmissiesnelheden ondersteunt (> 1 Mbit/s), relatief lage aansluitkosten kent, typische topologieën heeft, zoals bus-, ring- en sterstrukturen. Een goed overzicht van het gebied van lokale netwerken wordt gegeven in (FRAN, 1981).

Het lokale netwerk Twentenet heeft als een van de weinige lokale netwerken berichtprioriteiten geïmplementeerd tot op het niveau van het Accessmechanisme, dat een zender toegang tot het medium verleent. Door deze eigenschap zou het Twentenet ook in real-time omgevingen kunnen funktioneren. D.w.z. dat de stringente reaktietijden die real-time applicaties eisen, door het netwerk met zekerheid geboden kunnen worden. Om het gedrag van Twentenet in een dergelijke omgeving en in andere situaties te analyseren, is het gewenst een prestatie analyse uit te voeren. Aangezien het Twentenet nog niet geimplementeerd was, moest deze analyse aan de hand van een model uitgevoerd worden. In dit artikel wordt deze analyse beschreven, daartoe geven we eerst een korte beschrijving van Twentenet. Vervolgens gaan we in op de modelvorming. Het opzetten van de meetmethoden en de inrichting van de metingen komen dan aan de orde, voordat we enkele resultaten presenteren. Het onderzoek is uitvoerig vastgelegd in (OOST, 1983).

Opmerking: in dit artikel is de Twentenet terminologie gehanteerd, waarbij veel funkties in het Engels benoemd zijn.

2 Het lokale netwerk Twentenet

Het Twentenet heeft een bustopologie. De bus is een passieve coaxiale kabel met een maximale lengte van twee kilometer, waarop tot 256 stations aangesloten kunnen worden. Het Twentenet is ontwikkeld om met transmissiesnelheden van ten hoogste 16 Mbit/s te werken. De maximale berichtlengte is 128K woorden van 16 bits.

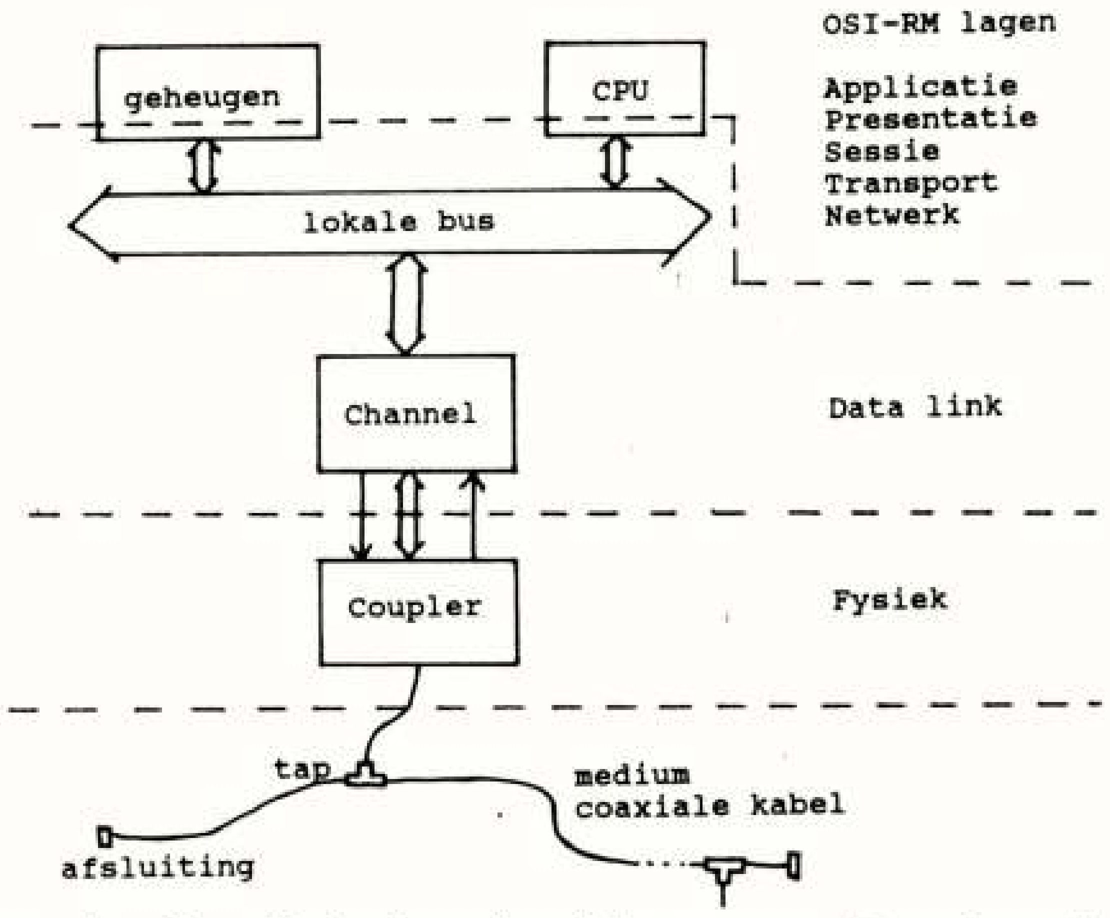
Het Accessmechanisme is gebaseerd op het CSMA/CD principe (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) met een deterministisch arbitragemechanisme dat bot-

singen tussen berichten oplost. Het mechanisme werkt als volgt:

- Een station dat een bericht wil versturen, start de verzending als de bus vrij is, d.w.z. geen signaal aanwezig. (Carrier Sense Multiple Access)
- Als twee of meer stations (vrijwel) gelijktijdig beginnen te zenden, kan er een botsing optreden. Deze botsing wordt gedetekteerd (Collision Detection) en opgelost op basis van de berichtprioriteiten.
- In het geval van twee gelijke berichtprioriteiten kan er weer een botsing optreden. In die situatie vindt er arbitrage plaats op basis van een nummer dat uniek is voor elk station, bijvoorbeeld het stationsadres.

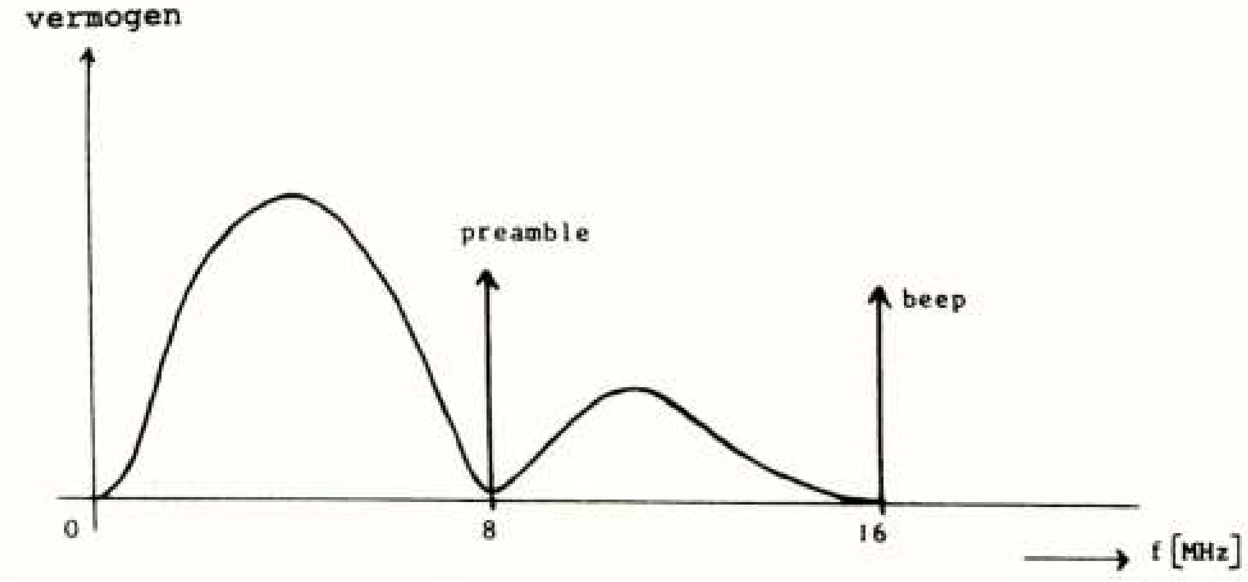
Het Accessmechanisme behandelt dus hogere prioriteiten met voorrang. Dit geldt ook als die berichten pas tijdens een lopende arbitrage bij het mechanisme aankomen. Het 'carrier sense' mechanisme blijft echter altijd werken ook gedurende de arbitrage.

De architektuur van het Twentenet voldoet aan het ISO 'Open Systems Interconnection Reference Model' (OSI-RM) (ISO, 1982). De fysieke laag met het fysieke medium biedt een elementaire 'connectionless broadcast' service aan. De Datalink laag biedt een 'connectionless' service die middels parameters aangepast kan worden. Een voorbeeld van zo'n parameter is de berichtprioriteit. Figuur 1 geeft de globale struktuur van Twentenet.



Figuur 1: De globale struktuur van Twentenet

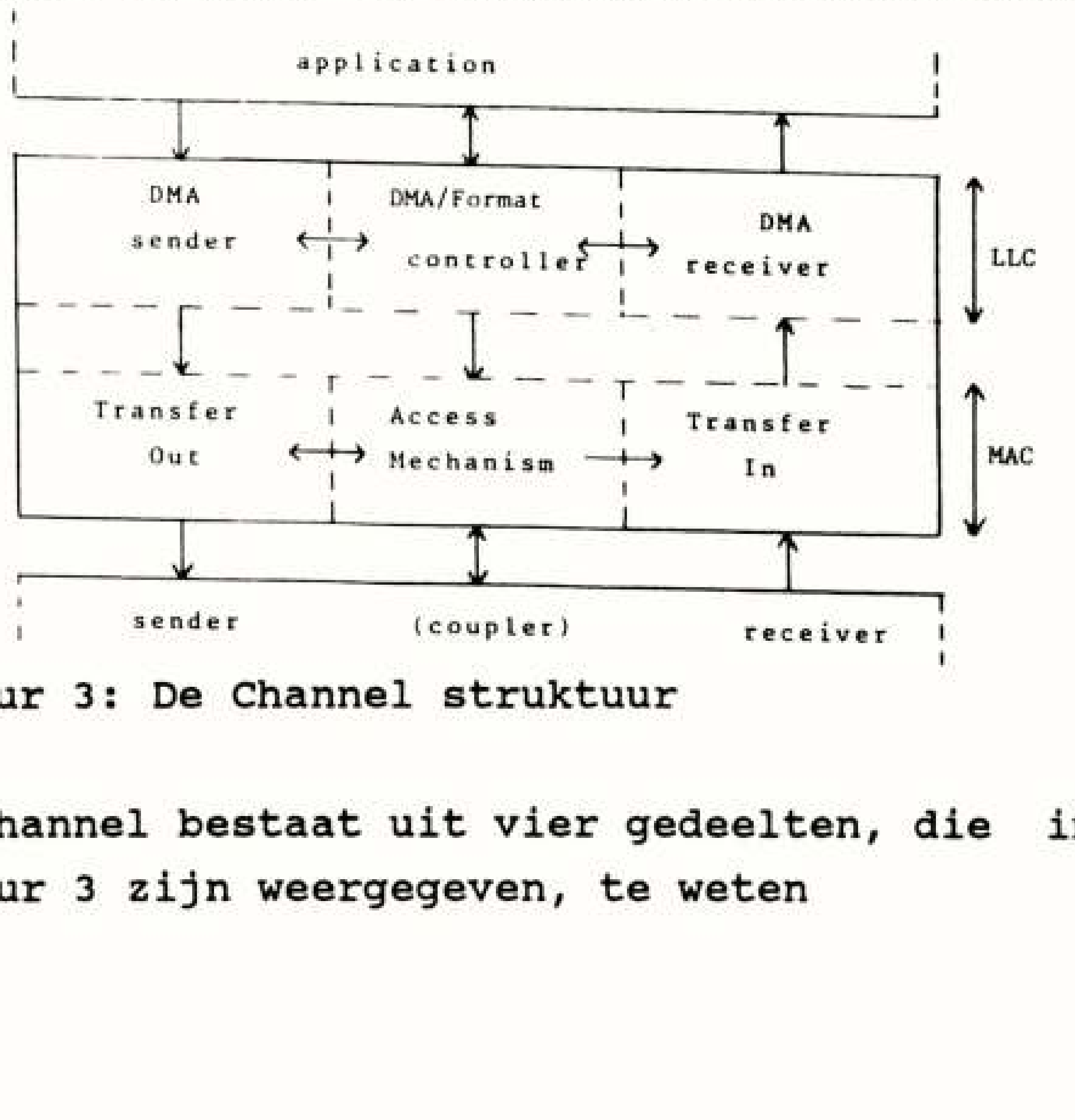
De Coupler implementeert de fysieke laag van het OSI-RM. De Coupler onderscheidt de berichten op de bus en voert op basis van de logische en fysieke representatie van het bericht een aantal foutdetektie funkties uit. Dit is mede mogelijk dankzij de gebruikte lijncodering, de Partial Response 4 (PR4) code in combinatie met een precodering. Deze PR4 lijncodering heeft een karakteristiek spektrum (zie figuur 2). Maxima treden bij 0.5N en 1.5N op, en nulpunten bij 0, N en 2N; N is hier de Nyquistfrekwentie. De afwezigheid van de DC-component maakt het uitfilteren van laag frekwente signalen (< 100 KHz) mogelijk. De andere nulpunten in het spektrum worden gebruikt voor het 'preamble'-signaal dat elk bericht op het medium voorafgaat, en voor het 'beep'-signaal dat tijdens arbitrage voor synchronisatie zorgt. De efficiënte PR4-codering laat vrij grote afstanden toe zonder het gebruik van aktieve versterkers.



Figuur 2: PR4-spektrum voor 16 Mbaud

De Coupler bestaat uit een onafhankelijk zend- en ontvanggedeelte. Daardoor kunnen Twentenet stations ook in een ring topologie gebruikt worden.

De Channel implementeert het grootste gedeelte van de Datalink laag. De Channel bevat het Accessmechanisme, voorziet in parallel-serie omzettingen naar het seriële interface met de Coupler, en bestuurt het 16-bit parallelle interface naar het cpu-geheugen op DMA-basis. De Channel beheert ook het berichtformaat, handelt fouten af en rapporteert de toestand naar de cpu. In de Channel funktioneren de zend- en ontvangfunktie parallel.



Figuur 3: De Channel struktuur

De Channel bestaat uit vier gedeelten, die in figuur 3 zijn weergegeven, te weten

- de DMA-unit die verbonden is met de cpu. Deze eenheid bestaat uit de DMA/formaat controller die de data uit het geheugen converteert naar het correcte transmissieformaat (zie figuur 4), de DMA-zender en de DMA-ontvanger die berichten naar het geheugen stuurt, als die berichten voldoen aan de gestelde voorwaarden, bijvoorbeeld het adres van het ontvangen bericht komt overeen met het stationsadres of het bericht is voor alle stations bedoeld ('broadcast').

CONTR	DEST	DX	SOURCE	DATA	CRC

CONTR : 8 bits waarvan 2 bits de berichtprioriteit aangeven
DEST : 8 bits adres van de bestemming
DX : 8 bits, ongebruikt adresveld dat voor 'internetting' gebruikt kan worden
SOURCE : 8 bits adres van afkomst
DATA : een veelvoud van 17 bit woorden, 16 bits gebruikersdata en 1 bit ter detektie van dummy woorden
CRC : 16 bits voor de 'cyclic redundancy check'

Figuur 4: Het formaat van de data

Zowel de DMA-zender als ontvanger beschikken over een zestien woord diepe FIFO om een efficiënt gebruik te kunnen maken van de lokale bus. De DMA-unit kan gedurende de transmissie 'dummy'-woorden toevoegen, waardoor ook langzame systemen Twentenet kunnen gebruiken. De DMA-unit houdt ook het aantal arbitrages bij, waaraan het bericht meedoet. Dit aantal wordt begrensd door de 'retry'-parameter.
- De Transfer-Out die toegang vraagt tot de bus en een 16-bit woord converteert in een seriële bitstroom die aan de Coupler wordt doorgegeven.
- Het Accessmechanisme houdt de bus in de gaten en verleent het station toegang tot de bus.
- De Transfer-In eenheid stelt 16-bit woorden samen uit de bitstroom van de Coupler en stuurt die naar de DMA-ontvanger.

In de terminologie van de voorgestelde IEEE P802 lokaal netwerk standaard (IEEE, 1982) is de DMA-unit een deel van de 'Logical Link Control' (LLC) sublaag en de Transfer-Out, het Accessmechanisme en de Transfer-In implementeren de 'Medium Access Control' (MAC) sublaag.

Het <u>cpu-systeem</u> waarop de Channel is aangesloten, implementeert het resterende gedeelte van de Datalink laag. Afhankelijk van de omgeving kan dit systeem ook hogere lagen implementeren.

3 Het Accessmechanisme

In dit gedeelte bespreken we de werking van het Accessmechanisme van Twentenet.

Het 'Access request' signaal

Als de cpu in een normale situatie een bericht wil versturen, geeft de cpu dit aan de DMA-unit door. Daarop haalt de DMA-unit het begin van het bericht uit het geheugen op en aktiveert de Transfer-out. Op zijn beurt geeft de Transfer-out een Access-request door aan de Accesscontroller die het hart van het Accessmechanisme vormt. De Accesscontroller verleent toegang tot de bus d.m.v. het 'access grant'-signaal, waarop de Transfer-out met zenden begint.

De Accesscontroller heeft drie toestanden: de Free-mode (F-mode), de Priority-mode (P-mode) en de Address-arbitrage mode (Ai-mode). De Accesscontroller verandert niet van mode als een bericht de bus bezet, en keert terug naar de F-mode, onafhankelijk van de huidige mode, als een bericht normaal afloopt of als de bus voor een bepaalde periode onbezet blijft. Opeenvolgende botsingen veroorzaken, dat de Accesscontroller overgangen tussen de modes maakt. In situaties met een lage belasting zal de Accesscontroller zich meestal in de F-mode bevinden, waarin de bus vrij is of bezet door een bericht.

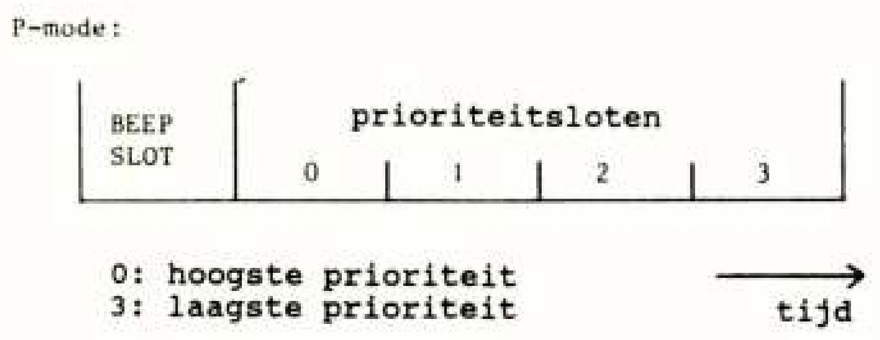
De 'Free mode'

In de F-mode kan de Transfer-out pas gaan zenden, als de bus vrij is. Als meer dan een station (bijna) gelijk toegang tot de bus krijgt, zal er een <u>botsing</u> optreden. Elke Coupler kan deze botsing detekteren en geeft dat door aan het Accessmechanisme. Het Accessmechanisme geeft de Transfer-out de opdracht de transmissie te stoppen en draagt de Coupler op een beep-signaal op de bus te zetten. Dezelfde procedure wordt gevolgd, als de Coupler dataverminking of een beep-signaal op de bus constateert. Een botsing zal daarom een reeks beep-signalen uitlokken. Dit <u>beep-concert</u> heeft twee funkties: verzekering van botsingsdetektie door elk station en station synchronisatie. Elk station wordt dus gesynchroniseerd en alle Accesscontrollers zullen naar de P-mode overgaan.

De 'Priority mode'

Als de Accesscontroller in de P-mode komt, wordt er een klok gestart die tijdsloten van gelijke duur aftelt (zie figuur 5). Tijdens

het eerste slot, het beepslot, reageert het Accessmechanisme niet op binnenkomende signalen om een eeuwigdurend beepconcert te voorkomen.

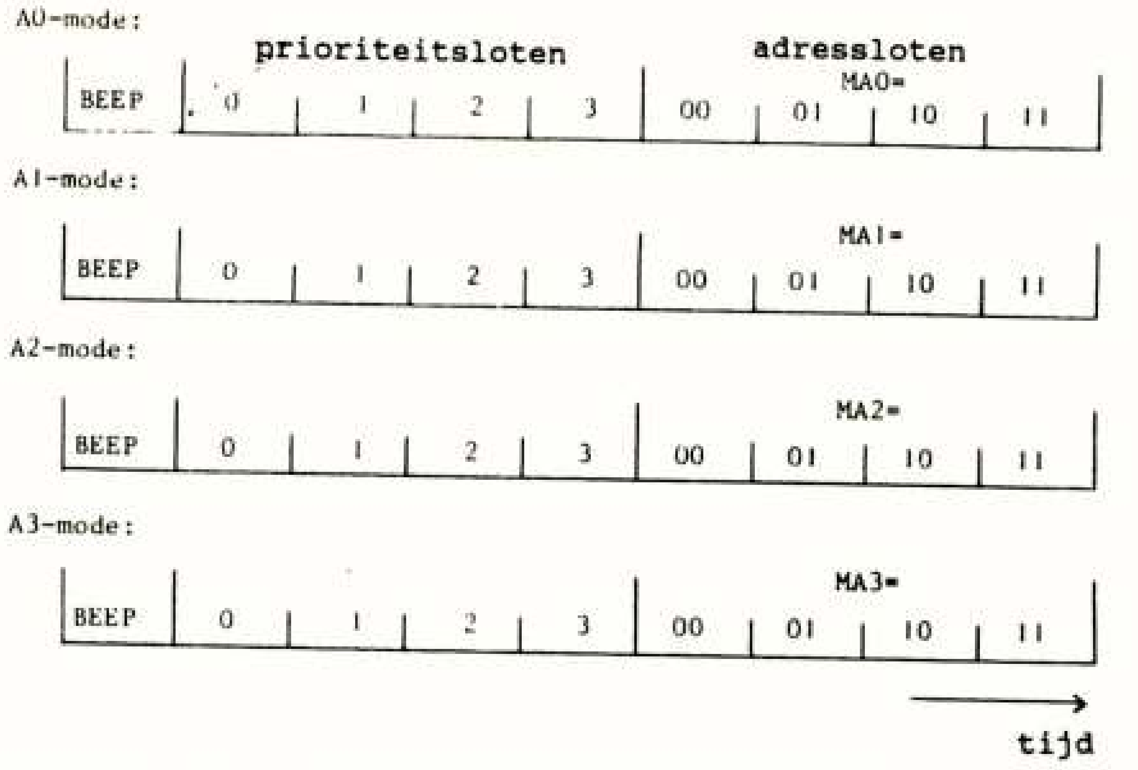


Figuur 5: De tijdsloten in de P-mode

De volgende vier sloten komen overeen met de vier berichtprioriteiten vanaf de hoogste naar de laagste prioriteit. De Transfer-out krijgt toestemming om te gaan zenden aan het begin van het prioriteitslot dat overeenkomt met de berichtprioriteit of een lagere prioriteit. Als de Coupler een bericht detekteert op de bus, wordt de klok gestopt, waardoor lagere prioriteiten niet met de hogere in botsing kunnen komen. Het toegangsprotocol staat dus toe, dat een station in een prioriteitslot gaat zenden, dat overeenkomt met een lagere prioriteit mits de bus niet bezet is. In overeenstemming met (TOBA, 1982) zullen we dit aanduiden als semipreëmptieve protocol funktie.

In de P-mode kunnen berichten weer botsen. In die situatie gaat de Accesscontroller over naar de A0-mode waarbij de 'botsende'-prioriteit, dat is de prioriteit van het slot waarin de botsing optrad, wordt opgeslagen. Ten gevolge van semipreëmptie is het niet noodzakelijk, dat de botsende berichten gelijke prioriteiten hebben.

De 'Address arbitration mode'
Deze mode lost een botsing op die plaats gevonden heeft in de P-mode of in de prioriteitsloten van de Ai-modes, zoals dadelijk duidelijk wordt. De adres-arbitrage mode bestaat maximaal uit vier opeenvolgende fasen. In deze mode mogen alleen die stations meedoen die een bericht hebben met een prioriteit die gelijk is aan of hoger is dan de 'botsende'-prioriteit. Om deze mogelijkheid tot semipreëmptie goed te laten verlopen, moeten prioriteitsloten de adressloten vooraf gaan (zie figuur 6).
Deze prioriteitsloten mogen alleen gebruikt worden door stations die berichten met een hogere prioriteit hebben dan de 'botsende'-prioriteit. Daarom worden de prioriteitsloten die toch niet gebruikt mogen worden, weggelaten, hetgeen een behoorlijke versnelling tot



Figuur 6: De adres-arbitrage tijdsloten

gevolg kan hebben. Als er een botsing in deze prioriteitsloten optreedt, gaan de Accesscontrollers terug naar de A0-mode.

De adressloten, die in elk van de vier Ai-modes worden afgeteld, zijn als volgt gedefinieerd: elk station heeft een uniek acht bit nummer (MA), dat voorlopig gelijk is aan het adres. Dit nummer wordt in vier delen opgesplitst: MA=MA3|MA2|MA1|MA0, waar MA0 de minst significante bits representeert. Elk deel wordt in de bijbehorende Ai-mode (zie figuur 6) als een prioriteitsniveau gehanteerd, analoog aan de manier waarop de berichtprioriteiten worden behandeld.

Als een station aan de arbitrage mee mag doen, kan het gaan zenden, als het adresslot aanbreekt dat overeenkomt met het adresdeel van het station in de geldende Ai-mode.

Als er een botsing in de Ai-mode optreedt, gaat de Accesscontroller naar de A(i+1)-mode, behalve in de A3-mode dan keert de Accesscontroller naar de A0-mode terug. Een botsing in de A3-mode kan optreden, omdat ook in de Ai-mode de semipreëmptie mogelijkheid blijft bestaan, of ten gevolge van een storing. Omdat de adressen uniek zijn, zal uiteindelijk een station de arbitrage winnen.

Preëmptie mogelijkheid
In bepaalde real-time applicaties kan het gewenst zijn, dat de mogelijkheid aanwezig is berichten met een lagere prioriteit te onderbreken. Twentenet biedt die mogelijkheid. De DMA-controller die de prioriteit van een bericht dat de bus bezet, kent, kan d.m.v. het beep-signaal de transmissie onderbreken. Vervolgens wordt geheel in overeenstemming met het protocol de arbitrage afgehandeld, waardoor het bericht met de hoogste prioriteit uiteindelijk verzonden wordt.

4 Modelvorming

Daar het Twentenet nog niet gerealiseerd was, moest er een abstrakt model komen, waarmee het gedrag van Twentenet bestudeerd kan worden. We kunnen hierin twee soorten onderscheiden: het analytische model waarin het systeem volgens de wetten van de formele wiskunde wordt vastgelegd en het simulatiemodel dat een procedurele beschrijving van systeemcomponenten en interakties tussen die componenten geeft. Zo'n abstrakt model moet dan de essentie van het werkelijke systeem in zich hebben.

Gezien de complexiteit van het Twentenet en vanwege het vereiste detail in de modelvorming, is er gekozen voor een simulatiemodel. Daarbij zijn de volgende randvoorwaarden gesteld:

- foutvrije werking van Twentenet
- geen preëmptieve werking van de LLC sublaag (zie 3)
- een minimale berichtlengte die garandeert dat een botsing door elk zendend station gedetekteerd wordt

Dit laatste punt is een realistisch uitgangspunt, omdat daardoor automatische retransmissie optreedt. Hierdoor wordt een sterke degradatie van de nuttige busbezetting voorkomen, vooral als dergelijke korte berichten tijdens hoge belasting situaties voorkomen. Ditzelfde argument gaat tot op zekere hoogte ook op in de situatie waar preëmptie mogelijk is.

In navolging van (FRAN, 1977) is het model gebaseerd op zogenaamde scenario's. Elk scenario beschrijft de werking van een redelijk zelfstandig deel van Twentenet. Alle scenario's tezamen beschrijven dan de volledige werking van Twentenet. Een scenario legt van het betreffende systeemdeel de overgangsregels vast, volgens welke het systeemdeel van toestand verandert. Daarnaast beschrijft het scenario ook de interaktie met de omliggende scenario's.

In het kader van het OSI-RM ligt het voor de hand de volgende systeemdelen middels scenario's te beschrijven:

- de applicatie
- de LLC sublaag
- de MAC sublaag

Deze delen zullen we nu afzonderlijk bekijken.

De applicatie

Dit systeemdeel wordt als een zwarte doo beschouwd die berichten genereert volgen bepaalde distributiefunkties. Deze berichte vormen het verkeer dat door het Twentene model verwerkt moet worden.

Als een bericht wordt teruggegeven, roep de applicatie een procedure aan die statistische gegevens bijhoudt voor diverse prioriteitsniveaus.

Dit scenario is zodanig geïmplementeerd dat in principe elk LAN-model er gebruik va kan maken, en is beschreven in (DAEM, 1983).

De LLC sublaag

Voor elk LAN-station is er een replica va deze funktie in het model aanwezig. Dit dee implementeert die taken van de DMA-controlle die voor het model interessant zijn.

Het zendgedeelte werkt als volgt. Via d applicatie krijgt elk station de berichte aangeleverd. Als een bericht aanwezig is krijgt de MAC sublaag een aanvraag tot verzending. Deze aanvraag vormt de interakti tussen de LLC en de MAC sublaag. Hier komen w nog op terug.

Een bericht kan het systeem verlaten doordat het bericht succesvol verstuurd is het ontvangende station geeft dat bericht da terug aan de applicatie. Een ander mogelijkheid is het bereiken van de retrylimiet (zie 2), ook dan wordt het bericht teruggegeven en is het in feite mislukt.

De MAC sublaag

Deze laag vormt het hart van het Twentene model en biedt aan de bovenliggende lagen d service van het verzenden van de aangebode berichten volgens het beschreven Accessmechanisme. De meest voor de hand liggende oplossin is om elk station afzonderlijk te moduleere en dan al die afzonderlijke toestandsmachine met elkaar te laten communiceren. Dit is ee relatief eenvoudige oplossing, waarin de echt systeemstruktuur nog duidelijk te herkenne is. Een zeer groot nadeel van deze benaderin is de berekenbaarheid. Elke lokale overgan wordt weergegeven. Bij deze benadering is he aantal stations dat in het model kan worde opgenomen, een beperkende faktor.

Wij hebben gezocht naar een ander benadering. Namelijk door een gecentraliseerd toestandsmachine te ontwerpen, die allee lokale overgangen meeneemt, als ze essentiee zijn voor de juiste werking van de MAC sublaag. Deze benadering is toepasbaar, omdat o

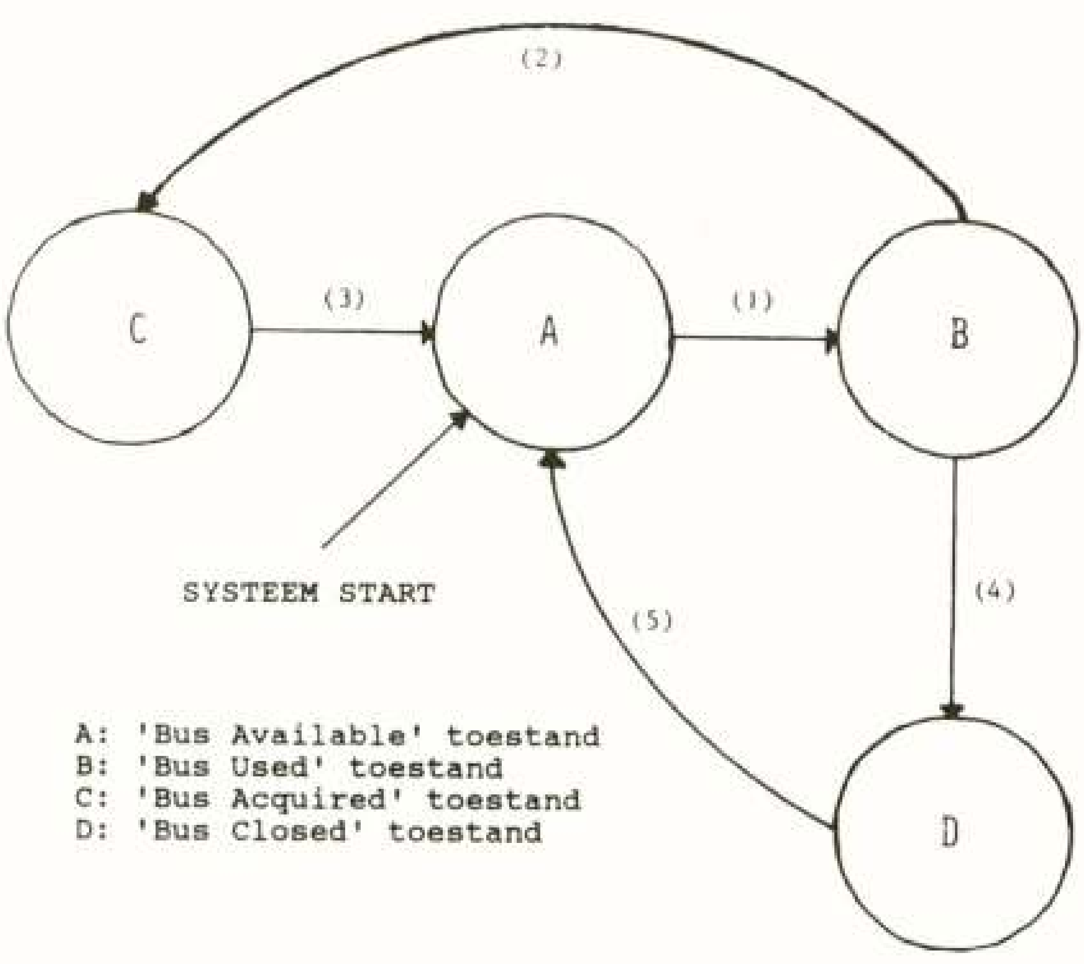
dit niveau het model alwetend is: vanaf het moment dat een bericht door de applicatie is afgegeven, is er alles van bekend, totdat het bericht het systeem weer verlaat. Een andere belangrijke overweging is, dat de uitkomst van de arbitrage die botsingen tussen berichten oplost, tot op belangrijke hoogte van te voren berekend kan worden.

Deze laatste overweging is het gevolg van een stelling, die onder de reeds genoemde randvoorwaarden geldt:

> Als er op het moment waarop een zender zijn transmissie stopt, of als er gedurende de arbitrage, meer dan een station een bericht wil verzenden, dan treedt er met kans 1 een botsing op. En als er een botsing optreedt, zal de arbitrage geheel in overeenstemming met het MAC sublaag protocol van Twentenet uitgevoerd worden.

M.a.w. als er eenmaal een botsing is opgetreden, kan geen enkel station een ander blokkeren binnen hetzelfde tijdslot en als de transmissie van een succesvol verzonden bericht beëindigd wordt, kan het daarop volgend gestarte bericht geen enkel ander station blokkeren, dat ook op de afloop van het bericht stond te wachten.

De arbitrage kan niet volledig voorspeld worden, omdat semipreëmptie mogelijk is (zie 3). Op basis van deze overwegingen is een toestandsmachine afgeleid voor de MAC sublaag die in principe uit slechts vier toestanden bestaat (figuur 7).



Figuur 7: Het toestandsdiagram dat de basis vormt voor het Twentenet model

Deze machine doorloopt een sequentie van systeemcycli die formeel beschreven worden als:

MAC procesvolgorde ::= *<systeem cyclus>*
<systeem cyclus> ::= <transmissie cyclus>|
<botsing cyclus>
<transmissie cyclus> ::= ABC
<botsing cyclus> ::= ABD
waar *..* een willekeurig aantal aanduidt.

Toestand A, de 'Bus Available' toestand, beschrijft het systeem, als er tenminste een station de bus vrij ziet en alle andere stations ofwel een botsing gedetekteerd hebben ofwel een signaal op de bus zien. Dat betekent dus, dat de MAC sublaag deze toestand binnengaat vanuit toestand C, als in het geval van een geslaagd bericht de zender dat bericht normaal beëindigt, alle andere stations zien dat bericht dan nog; of vanuit toestand D als na een botsing het eerste station in principe weer mag gaan zenden. Toestand A wordt verlaten als een station als eerste binnen de huidige systeemcyclus een bericht start.

Toestand B, de 'Bus Used' toestand, kunnen we dan beschrijven, als de toestand waarin tenminste een station gestart is met de verzending van een bericht en nog niet alle andere stations dit bericht gedetekteerd hebben. Start er slechts een station, dan zal er een overgang naar toestand C plaatsvinden, als het laatste station door het carrier sense mechanisme geblokkeerd is. Een overgang naar toestand D vindt plaats op het moment dat alle niet zendende stations of een bericht of een botsing detekteren. Er zijn dan dus tenminste twee zenders.

Toestand C, de 'Bus Acquired' toestand, is de toestand, waarin Twentenet succesvol een bericht verstuurt. D.w.z. precies een station zendt een bericht, en alle andere stations detekteren dat bericht. Op het moment dat de zender stopt, wordt de overgang naar toestand A gemaakt.

In toestand D, de 'Bus Closed' toestand, is er meer dan een zender en alle andere stations detekteren of een bericht of een botsing. De MAC sublaag gaat vanuit toestand D naar toestand A, als het eerste station in principe weer in staat is te zenden. Of dit station ook daadwerkelijk gaat zenden als het een bericht heeft, hangt af van het toegangsprotocol.

In de Twentenet situatie moet eerst arbitrage plaatsvinden, waardoor de botsing cyclus meerdere malen doorlopen kan worden alvorens uit te monden in een transmissie cyclus.

Het totale model

Als de LLC sublaag een bericht aanmeldt bij de MAC sublaag, kan dus berekend worden of dat bericht de overgangen van de MAC toestandsmachine beïnvloedt. Indien nodig wordt de aktiveringstijd van het MAC scenario, die overeenkomt met een van de toestandsovergangen, bijgesteld. De aktiveringstijd is dusdanig gekozen, dat het mogelijk is om de nieuwe toestandsovergang te kunnen bepalen. Als het MAC scenario geaktiveerd is, kan met behulp van de posities van de stations, de propagatietijden op de kabel en tijdstippen waarop de verzending van een bericht startte, het gebeuren op de bus exact worden berekend op basis van tijd-ruimte diagrammen. De uitkomst van deze evaluatie en de huidige toestand van de MAC sublaag bepaalt de overgang die in de MAC sublaag plaatsvindt.

In de evaluatie van het busgebeuren worden ook diverse detektie- en reaktietijden binnen de stations in acht genomen. Omdat deze evaluatie vaak plaatsvindt, in principe voor elke overgang in de MAC toestandsmachine, is voor een efficiënte representatie van de gegevens gekozen. De nieuwe toestand kan dan snel bepaald worden.

Het simulatiemodel is uiteindelijk geïmplementeerd in de taal SIMULA op een DEC1080 computer.

5 De experimentele toepassing van het model

Als het model opgezet is, zal de aandacht gericht moeten worden op de experimenten. De invulling van de experimenten benaderen we vanuit twee gezichtspunten: welke experimenten zijn interessant, en hoe wordt een experiment ingericht, zodanig dat de resultaten bruikbaar zijn. Conway (CONW, 1963) beschrijft deze tweedeling als respektievelijk de strategische en de taktische inrichting van de experimenten.

Welke experimenten zijn van belang?

Interessante experimenten kunnen we globaal opdelen in twee groepen: de verkeer specifieke groep en de Twentenet specifieke groep. In de eerste groep is het transaktie type van belang. Een aantal belangrijke transaktie typen zijn:

- enkelvoudige berichten
- enkelvoudige berichten waarvoor de ontvangst bevestigd moet worden door de ontvanger
- berichten waarop een antwoord wordt terug verwacht
- broadcast berichten die voor alle dan wel voor een subset van alle stations, bedoeld zijn

Naast het soort van transaktie is ook het proces dat de transaktie genereert, een essentiële parameter, alsmede de lengte van de transaktie. Deze drie parameters zijn in het kader van een COST-11bis programma gevat in zogenaamde benchmarks (COST, 1983).

Gezien het verkennende karakter dat dit onderzoek kenmerkte, is in de simulatiestudie gekozen voor enkelvoudige berichten, die door een Poisson proces gegenereerd worden en een deterministische of exponentieel verdeelde lengte hebben. Waarbij onderscheid is gemaakt tussen korte, normale en lange berichten.

Daarnaast is het in de Twentenet situatie belangrijk ook berichtprioriteiten in ogenschouw te nemen.

In de Twentenet specifieke groep is o.a. gekeken naar

- de hoogte van de retry-limiet
- de transmissiesnelheid van de fysieke laag
- de kabellengte
- het aantal stations
- de adressen van de stations

Tijdens de simulaties heeft de configuratie weergegeven in tabel 1 als standaard gediend.

Aantal stations	50
Adres toekenning	sequentieel (0-49)
ruimtelijke verdeling	uniform
kabellengte	1000 m
propagatie snelheid	5 ns/m
transmissie snelheid	10 Mbit/s

Tabel 1: Standaard configuratie

Hoe worden zinvolle resultaten verkregen?

Om de gegevens die door elke simulatierun gegenereerd worden, beheersbaar te houden, is het noodzakelijk een aantal prestatiematen te definiëren. De maten zullen een goede weergave van het gedrag van Twentenet moeten geven. Omdat het om stochastische processen gaat, zullen de gegevens verzameld en geinterpreteerd moeten worden m.b.v. een verantwoorde analyse techniek. In dit kader is voor de regeneratieve methode gekozen.

Prestatiematen

In de simulaties is onderscheid gemaakt tussen twee groepen: de systeem specifieke maten en

de niveau specifieke maten. De eerste groep is gerelateerd aan de MAC sublaag, deze maten leggen vast hoelang deze laag zich in elk van de vier toestanden (zie figuur 7) bevindt, hoeveel tijd er verloren gaat met arbitrage, en wat de nuttige transmissiecapaciteit is van Twentenet ook wel met 'throughput' aangeduid.

De niveau specifieke maten, de tweede groep, beschrijven de prestaties van de tijdens de simulatie bestudeerde prioriteitsniveaus. Het statistische verwerkingsgedeelte houdt altijd de resultaten van de berichtprioriteiten die voorkomen, in de gaten. Daarnaast kunnen ook een aantal specifieke stations bekeken worden. Binnen deze groep vallen diverse bericht vertragingstijden en een maat die een indicatie geeft van de verdeling van de totale doorlooptijd van een bericht, oftewel de levensduur van een bericht. Deze laatste parameter is vooral in real-time systemen belangrijk. Daar telt niet alleen het gemiddelde, maar moeten alle berichten met een kans van bijvoorbeeld 0.99 binnen een bepaalde tijd door Twentenet succesvol verstuurd zijn.

Regeneratieve methode

Deze methode is gebaseerd op een regeneratief stochastisch proces. Een wiskundige inleiding daarvan wordt gegeven o.a. in (SMIT, 1981).

In woorden kunnen we een regeneratief stochastisch proces omschrijven als een proces waarin willekeurige tijdstippen, regeneratiepunten genoemd, bestaan waarop het proces statistisch gezien opnieuw begint. Deze tijdstippen identificeren in wezen de terugkeer van het systeem in een bepaalde vaststaande toestand. Het belangrijke idee achter het regeneratieve proces is, dat tussen twee opeenvolgende regeneratiepunten, de voortgang van het proces een statistisch replica is van het proces tussen elk willekeurig ander paar regeneratiepunten.

Deze benadering vermijdt problemen in de aanloopfase van de simulatie als het systeem nog niet in een statistisch evenwicht verkeert. Een ander belangrijk voordeel is, dat m.b.v. de centrale limietstelling, betrouwbaarheidsintervallen voor de gemeten waarden van de prestatie maten, afgeleid kunnen worden. Bij de simulaties zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen berekend. Dat betekent, dat de echte waarde met een kans van 0.95 in dat interval ligt.

In het Twentenet model komt een regeneratiepunt overeen met het moment waarop er in het hele systeem geen enkel bericht meer aanwezig is en als het aankomstproces een Poisson proces is. Alleen in situaties waar overbelasting optreedt, zullen regeneratiepunten niet voorkomen en zal een andere analyse techniek gebruikt dienen te worden. Binnen het kader van dit onderzoek blijkt de regeneratieve methode goed te voldoen.

6 Resultaten

In dit artikel zullen slechts enkele sprekende resultaten getoond worden.

Retry-limiet

In tabel 2 is het gedrag van enkele belangrijke parameters opgenomen als funktie van de retry-limiet. Het is duidelijk, dat een toenemende retry-limiet resulteert in een toenemende systeembenutting ten koste van een sterk toenemende arbitragetijd en berichtdoorlooptijd. Voor de volgende simulaties is gekozen voor een retry-limiet gelijk aan vier.

Ook al gaat het ten koste van een iets hoger verliespercentage, lijkt vier een goede limiet. Een limiet hoger dan zestien lijkt zeer twijfelachtig.

- standaard configuratie
- uniform verkeerspatroon, een berichtprioriteit (0)
- aangeboden belasting = 4 Mbit/s
- gemiddelde berichtlengte = 1024 bits

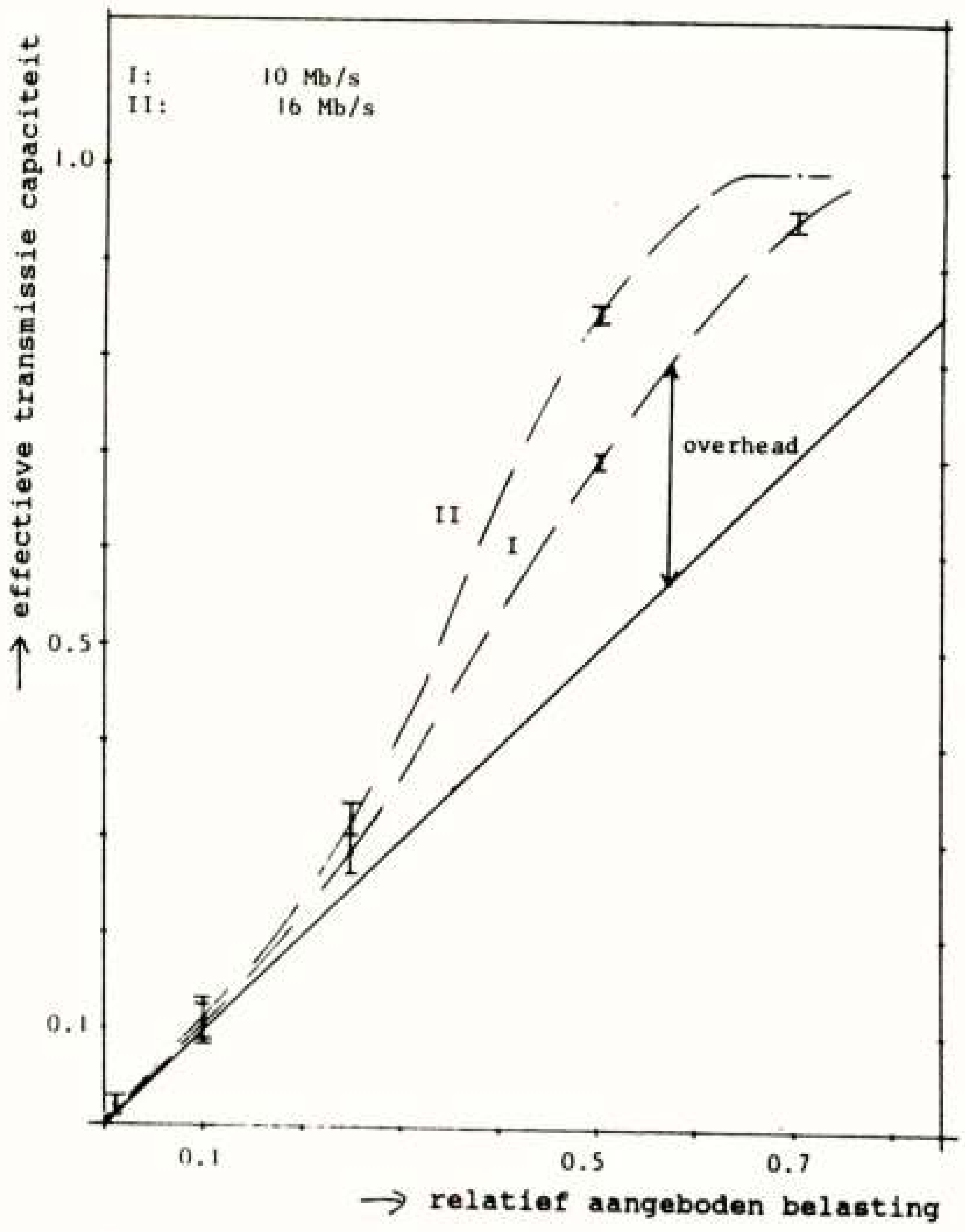
	Retry-limiet			
	2	4	16	32
nuttige transmissiecapaciteit [Mbit/s]	3.72	3.81	3.90	3.94
arbitrage overhead [% van de systeemcapaciteit]	6.5	9.6	17.4	21.7
gem. berichtdoorlooptijd [us]	188	231	402	570

Tabel 2: Het effekt van de retry-limiet

Fysieke transmissiesnelheid en berichtlengte

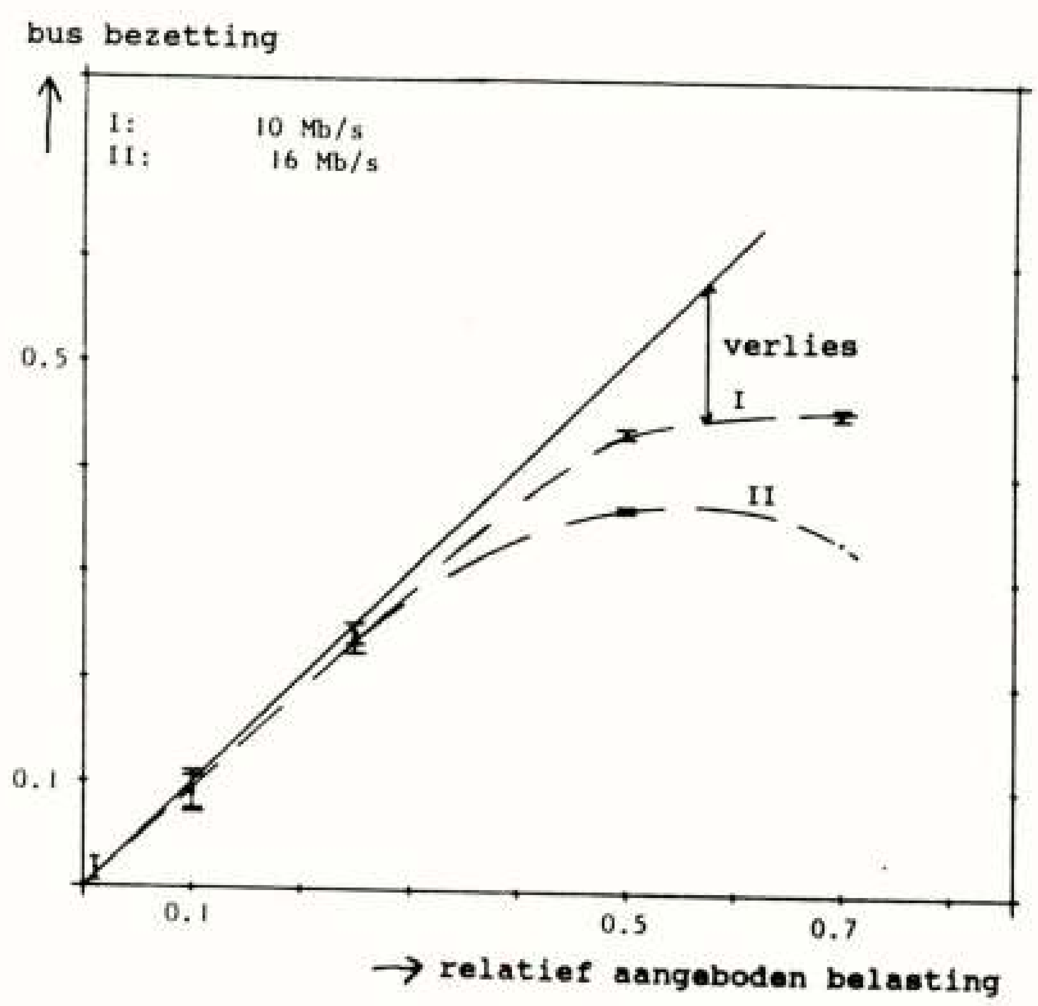
Een toename van de transmissiesnelheid verlaagt de verhouding van de berichtlengte en de propagatietijd over de gehele kabel. Hierdoor neemt de verhouding af tussen het acquisitie interval, waarin een bericht vanwege het carrier sense mechanisme geen botsing meer ondervindt, en het onzekerheid interval, waarin nog wel botsingen kunnen optreden. Ten gevolge hiervan daalt de efficiëntie van het access mechanisme (TOBA, 1980).

Dit effekt blijkt ook uit de figuren 8 en 9, waarin de bus benutting als funktie van de belasting getoond wordt voor het 16 en 10 Mbit/s systeem. Uit figuur 8 blijkt dat voor 10 Mbit/s bij een belasting van 80% van de buscapaciteit verzadiging optreedt, terwijl dat punt voor 16 Mbit/s al bij 60% bereikt is. Figuur 9 maakt dit nog duidelijker. Ten



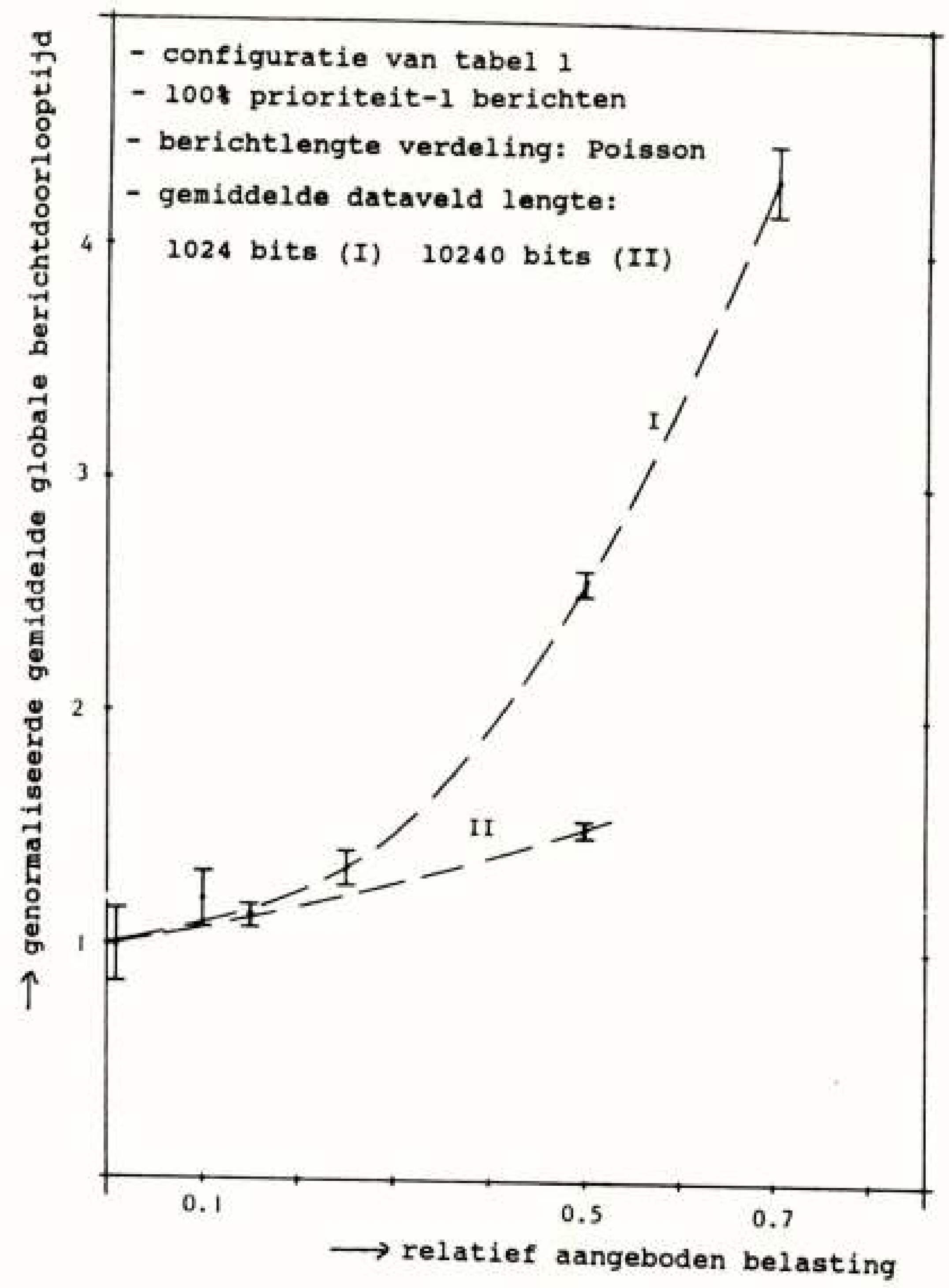
Figuur 8: Het effekt van de transmissiesnelheid op de busbezetting

gevolge van de lage retry-limiet (=4) bereikt de maximale nuttige transmissiecapaciteit ongeveer 45% (4.5 Mbit/s) van de buscapaciteit in het 10 Mbit/s systeem, en slechts 35% (toch nog 5.6 Mbit/s) voor 16 Mbit/s.



Figuur 9: Het effekt van de transmissiesnelheid op de relatief aangeboden belasting

De berichtlengte heeft twee effekten. Een toename van de lengte verbetert de efficiëntie van het protocol, omdat het aantal protocol controle bits verhoudingsgewijs afneemt t.o.v. de service data bits. Het tweede effekt is het gevolg van de CSMA/CD-eigenschap die bij het verschil in transmissiesnelheden tot uiting kwam. Figuur 10 toont dit aan. De gemiddelde berichtdoorlooptijd genormaliseerd t.o.v. de gemiddelde berichtlengte neemt als funktie

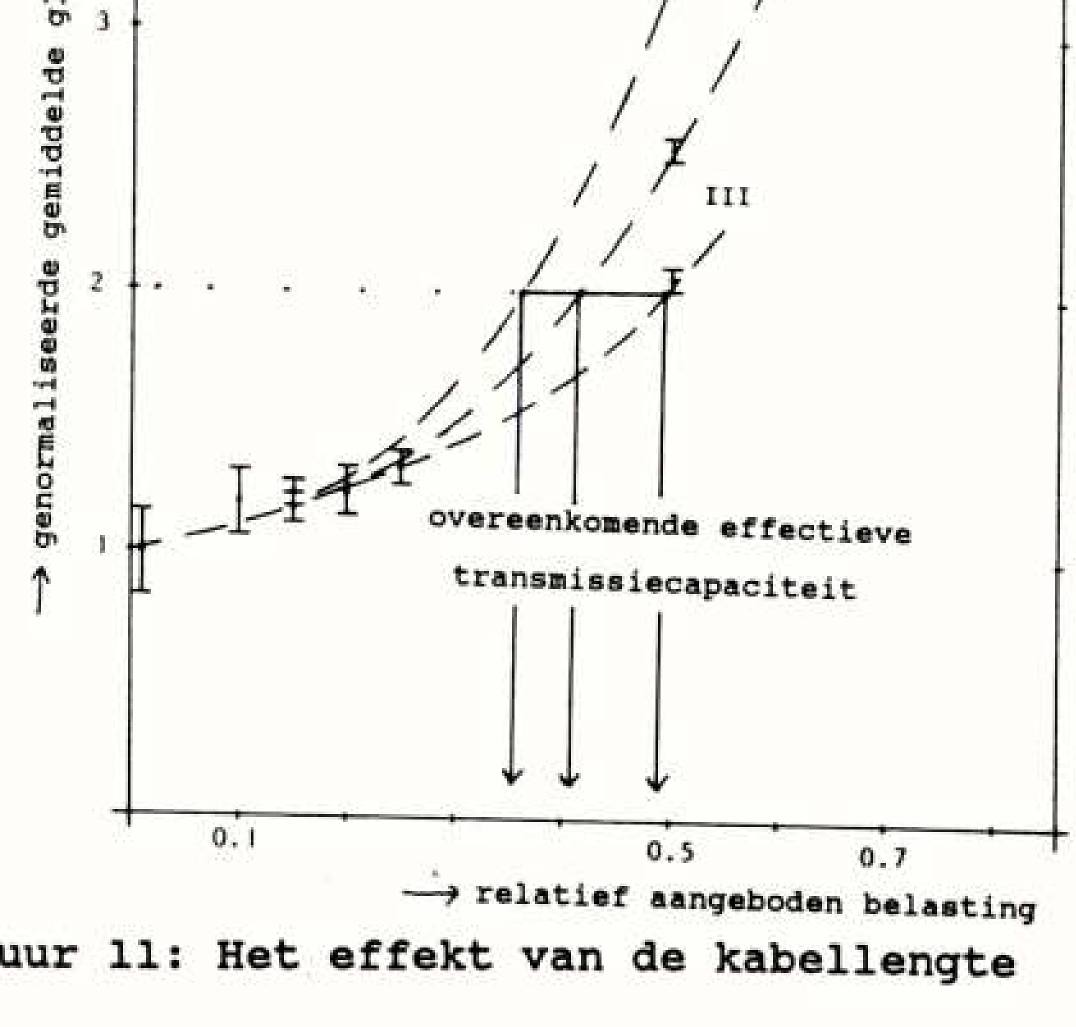


Figuur 10: Het effekt van de berichtlengte

van de belasting bij een gemiddelde lengte van 10240 bits veel langzamer toe dan bij 1024 bits.

Kabellengte

De kabellengte legt de propagatietijd over de gehele kabel en daarmee de tijdslotduur vast. Dat betekent dat bij een kortere kabel een arbitrage periode sneller tot een goede



Figuur 11: Het effekt van de kabellengte

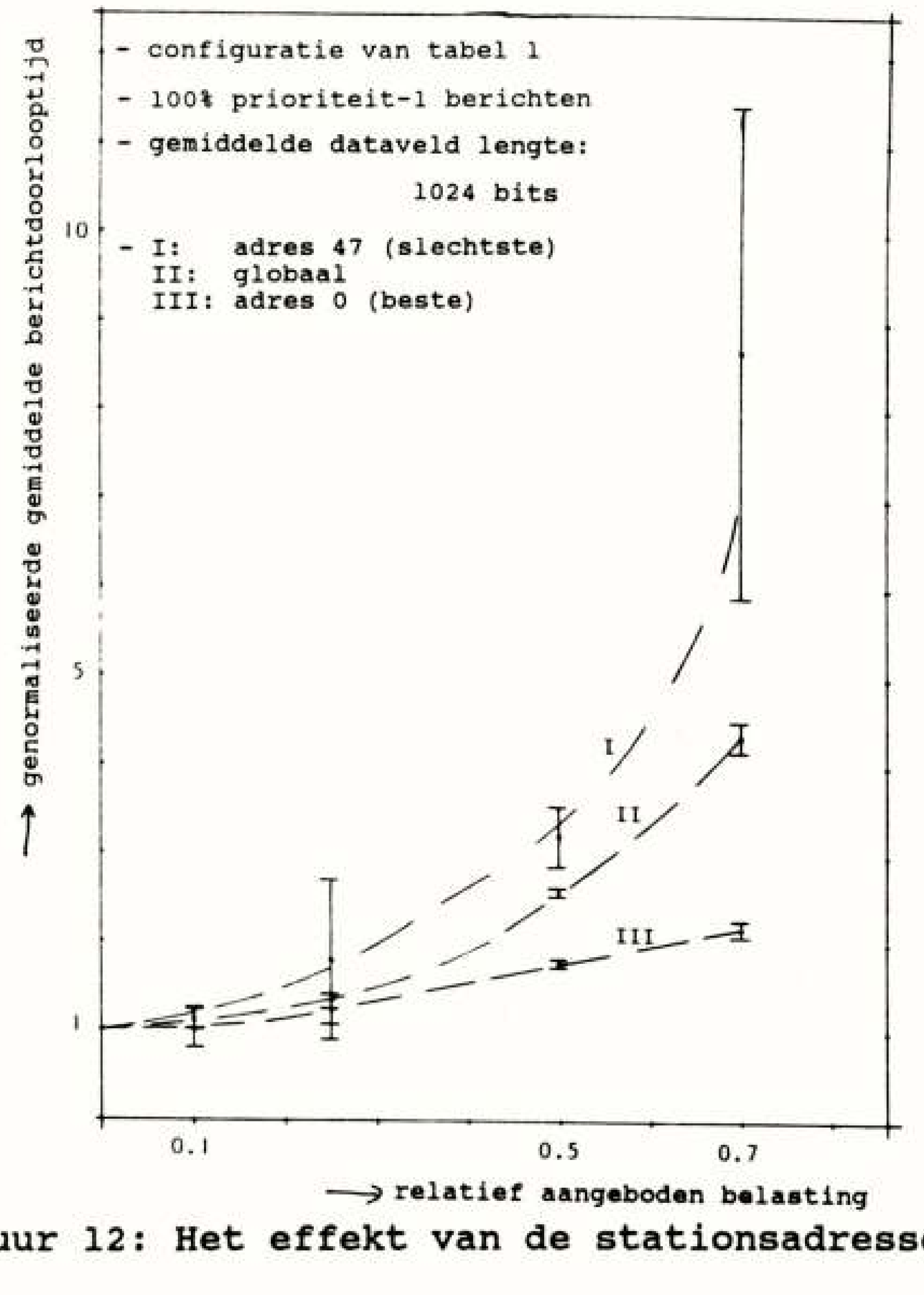
transmissie leidt. Dit blijkt in figuur 11, voor lengtes van 2, 1, en 0.5 km. Gegeven een gemiddelde berichtdoorlooptijd kan bij een kortere kabel een veel hogere nuttige transmissiecapaciteit gehaald worden.

<u>Aantal stations</u>

Simulaties met 10, 100 en 200 stations zijn uitgevoerd, waarbij de aangeboden belasting constant gehouden is. De berichtdoorlooptijd over alle stations gemiddeld, wordt niet significant beïnvloedt, d.w.z. de 95% betrouwbaarheidsintervallen overlappen elkaar.
De afzonderlijke stations ondervinden wel invloed op de gemiddelde berichtdoorlooptijd, omdat de adressen een rol spelen in het oplossen van botsingen tussen berichten met gelijke prioriteiten.

<u>Stationsadressen</u>

De prestatie van een station wordt vooral in situaties met hoge belastingen in zeer sterke mate beinvloed door zijn adres, omdat m.b.v. adressen de botsingen tussen berichten met gelijke prioriteiten worden opgelost. Figuur 12 toont deze ongelijke behandeling, die onlosmakelijk verbonden is aan systemen die prioriteiten hanteren. De genormaliseerde berichtdoorlooptijden zijn getoond van het station met het beste adres, het slechtste adres en gemiddeld over alle stations. Het station met het beste adres ondervindt weinig hinder van een toenemende belasting, terwijl het station met het slechtste adres grote vertragingen en verlies percentages moet incasseren.

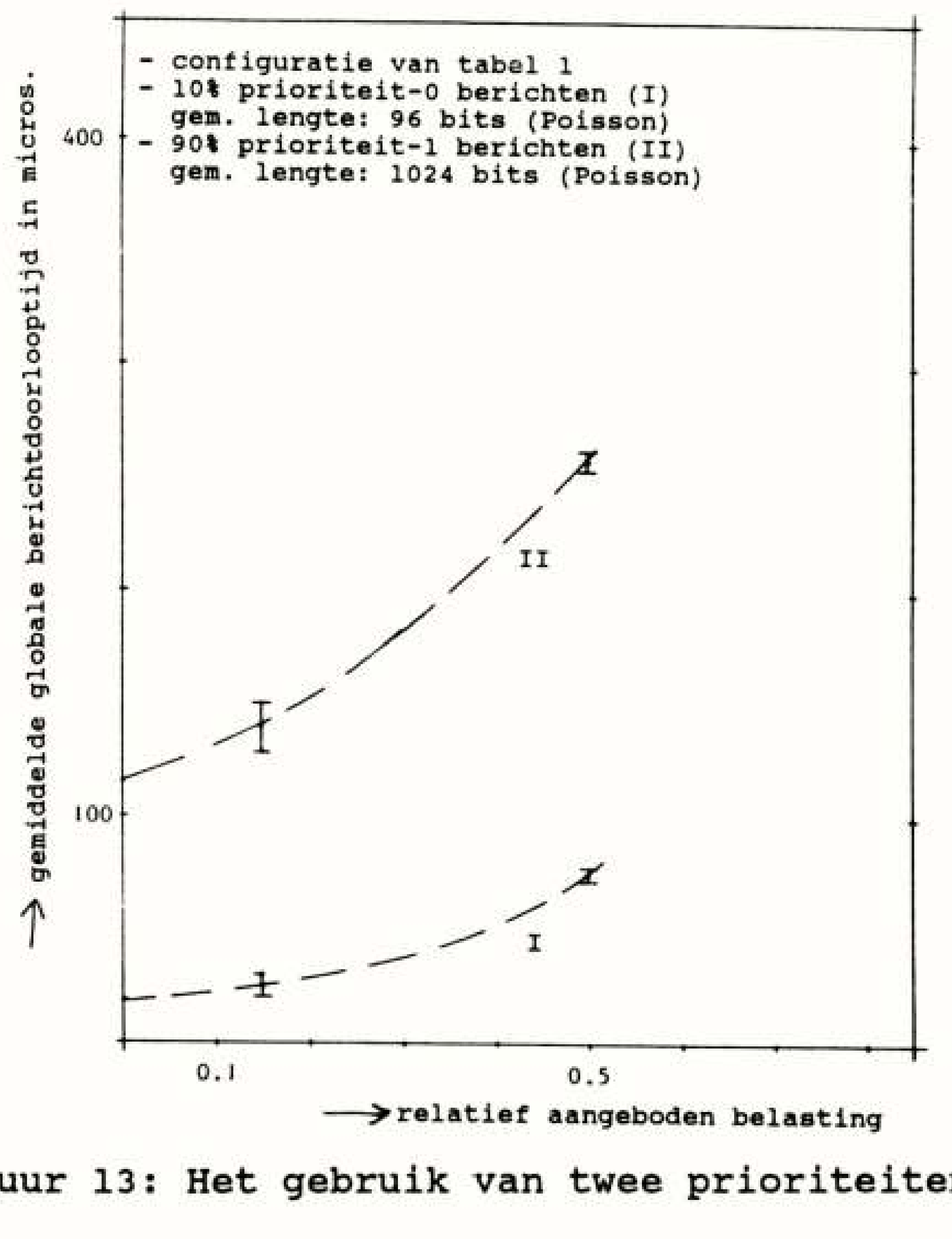


Figuur 12: Het effekt van de stationsadressen

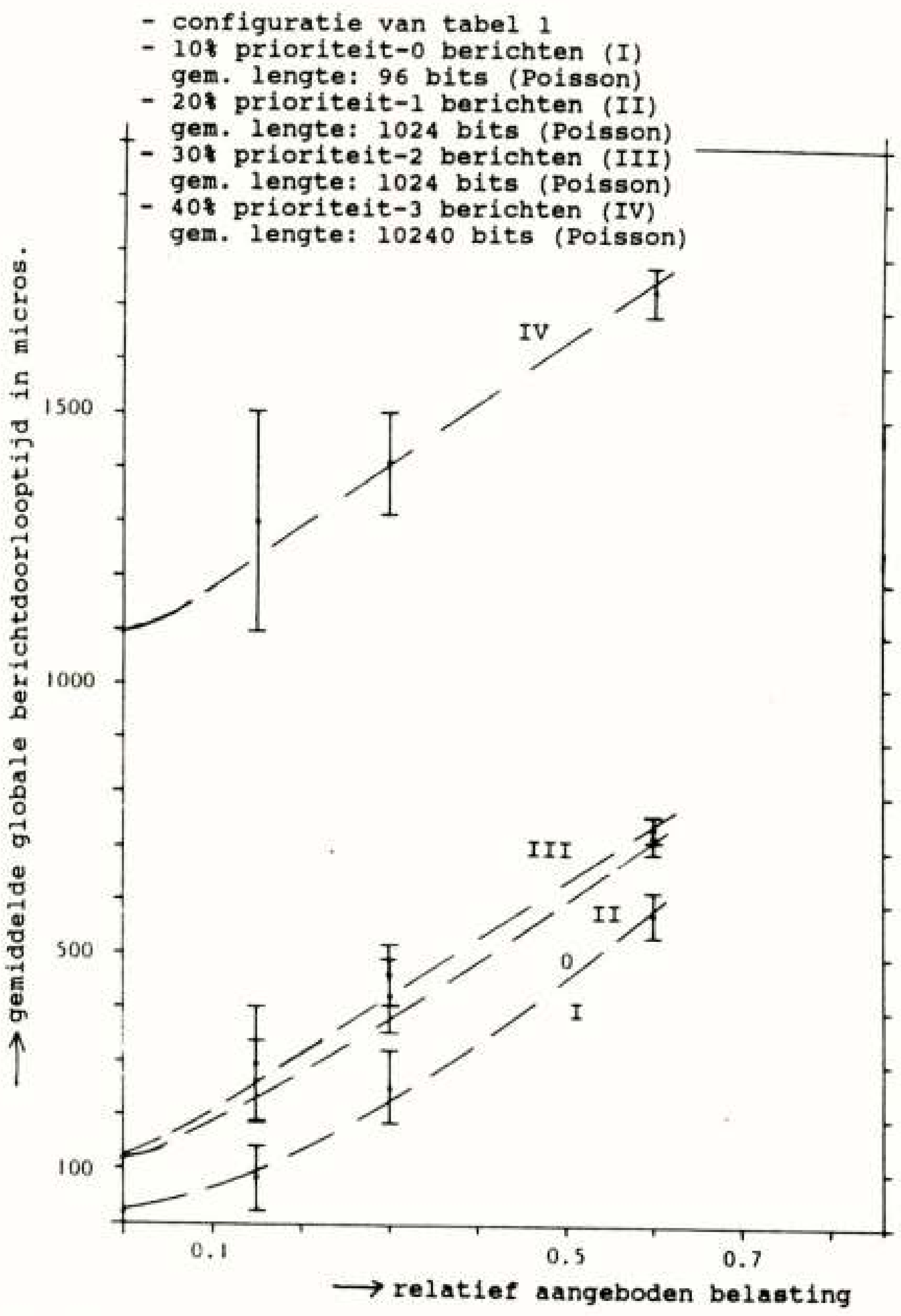
<u>Berichtprioriteiten</u>

In figuur 13 is het gedrag van de berichtdoorlooptijden geschetst in een omgeving waarin een grote hoeveelheid niet tijd-kritisch verkeer gemengd is met een kleine hoeveelheid real-time verkeer, bijvoorbeeld korte alarm- of besturingsinformatie. Dit wordt gerepresenteerd door een verkeerspatroon dat bestaat uit 90% lange (gem. 1024 bits) berichten met lage prioriteit en 10% korte (gem. 96 bits) berichten met een hoge prioriteit. M.a.w. de lage prioriteit berichten nemen 99% van de systeembelasting voor hun rekening en de hoge prioriteit berichten zorgen voor de resterende 1%. De doorlooptijden van de lage prioriteit berichten nemen sneller toe, dan die van de hoge prioriteit berichten. De afnemende stijging van de lage prioriteitsberichten bij hogere belastingen, is het gevolg van de invloed van de retry-limiet. Lage prioriteit berichten trekken zich terug, waardoor een redelijke prestatie voor de hoge prioriteit berichten gehandhaafd blijft. Bijvoorbeeld bij een belasting van 5 Mbit/s kunnen alle hoge prioriteit berichten verzonden worden, arbitrages worden snel gewonnen in de P-mode of middels semipreëmptie. Terwijl de lage prioriteit berichten met een kans van 0.12 mislukken.

Figuur 14 toont een situatie waarin 10% van de berichten prioriteit 0 (de hoogste), 20% prioriteit 1, 30% prioriteit 2, en 40%



Figuur 13: Het gebruik van twee prioriteiten



Figuur 14: Het gebruik van vier prioriteiten

prioriteit 3 (de laagste) hebben. De gemiddelde berichtlengtes zijn respektievelijk 96, 1024, 1024 en 10240 bits. Deze situatie kan voorkomen in applicaties waarin de berichten in klassen ingedeeld worden al naar gelang hun eisen m.b.t. de berichtdoorlooptijden. De tijd-kritische processen genereren kortere berichten met hogere prioriteit dan de minder tijd-kritische applicaties die voor de hoogste belasting zorgen. Hier neemt het laagste prioriteitsniveau 88% van de belasting voor zijn rekening. Ook hier blijkt de controlerende funktie van de retry-limiet. De toename van de berichtdoorlooptijd voor een prioriteit-0 bericht is vrijwel geheel te wijten aan het feit, dat deze berichten moeten wachten, totdat een bericht met een lagere prioriteit dat de bus bezet, is afgelopen. Dit geldt in mindere mate voor de prioriteiten 1 en 2.

7 Conclusies

Het onderzoek heeft geresulteerd in een model dat elke configuratie van Twentenet kan simuleren. Het model is efficient in rekentechnisch opzicht.

De regeneratieve methode blijkt een zeer geschikte analyse techniek te zijn, behalve in instabiele (overbelaste) situaties dient een andere techniek toegepast te worden.

Er is een goed inzicht ontstaan in de werking van Twentenet. Parameters zoals de retry-limiet, transmissiesnelheid en de kabellengte, blijken een grote invloed op de prestatie uit te oefenen.

Hoewel Twentenet bedoeld is om te funktioneren onder lage belastingen, blijkt het een nuttige transmissiecapaciteit in de orde van 5 Mbit/s te kunnen realiseren. T.g.v. het prioriteitsmechanisme blijkt Twentenet urgente berichten ook in situaties met hoge belastingen snel te behandelen. Dit gaat wel ten koste van de lagere niveaus, zoals in elk systeem dat prioriteiten hanteert. Hierdoor kunnen berichten verloren gaan. Funkties van hogere lagen zullen dit verlies moeten opvangen.

Momenteel wordt het model toegepast om te onderzoeken in welke mate spraak door Twentenet afgehandeld kan worden.

8 Referenties

(CONW, 1963) Conway R. W., Some Tactical Problems in Digital Simulation, Management Science, Vol. 10, pp. 47-61, 1963

(COST, 1983) Interim Report for COST 11bis: Performance Analysis of LANs, ed. door IITB, IITB Rap. A1323-9716, Karlsruhe, maart 1983

(DAEM, 1983) Daemen J., The LAN Traffic Model, Rap. EL-1251-83-06, T.H. Twente, januari 1983, Enschede

(FRAN, 1977) Franta W. R., The Process View of Simulation, North Holland, 1977, Amsterdam

(FRAN, 1981) Franta W. R., Chlamtac I., Local Networks, Lexington Books, 1981, Lexington (Massachusetts)

(ISO, 1982) ISO/TC 97/SC 16, Data Processing Open Systems Interconnection - Basic Reference Model, Draft Proposal, ISO/DP7498, 1982

(IEEE, 1982) IEEE Project 802, Local Network Standards, Draft C IEEE Standard 802, mei 1982

(OOST, 1983) Ooster J. van 't, Performance Analysis of Twentenet, Rap. 1251-83-03, T.H. Twente, juni 1983, Enschede

(SMIT, 1981) Smit J. H. A. de, Vernieuwings- en Markov Processen, Rap. 53060 T.H. Twente, 1981, Enschede

(TILB, 1980) Tilburgs P. K., Vissers C. A., Access Mechanism for Real Time Serial Bus Systems, T.H. Twente, 1980, Enschede

(TOBA, 1980) Tobagi F. A., Hunt V. B., Performance Analysis of Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, Comp. Netw. Vol. 4, pp. 245-259, 1980

(TOBA, 1982) Tobagi F. A., Carrier Sense Multiple Access with Message Based Priority Functions, IEEE Trans. on Com., Vol. Com-30, pp. 185-200, januari 1982

Voordracht gehouden tijdens de 328e werkvergadering.

NIEUWE ONTWIKKELINGEN IN DE GLASVEZELTRANSMISSIE

A. Diekema

Dr. Neher Laboratorium, PTT

New developments in optical fibre telecommunications
The full possibilities of optical fibres for telecommunications are now in the process of being realized. The combination of low-loss fibres and new types of laser sources gives exciting possibilities for application in trunk lines and in local (integrated) networks.

INLEIDING

De ontwikkeling op het gebied van de optische communicatie door glasvezels is sneller gegaan dan verwacht kon worden. Sinds circa 20 jaar geleden Kao en Hockham (Kao, 1966) aangaven dat het mogelijk moest zijn glasvezels met lage lichtverzwakking te maken is de vooruitgang enorm geweest. De waarde van de lichtverzwakking van 20 dB/km die genoemde auteurs aangaven als grens waarbij glasvezelcommunicatie bruikbaar zou worden voor telecommunicatie, werd in 1970 bereikt (Kapron, 1970).

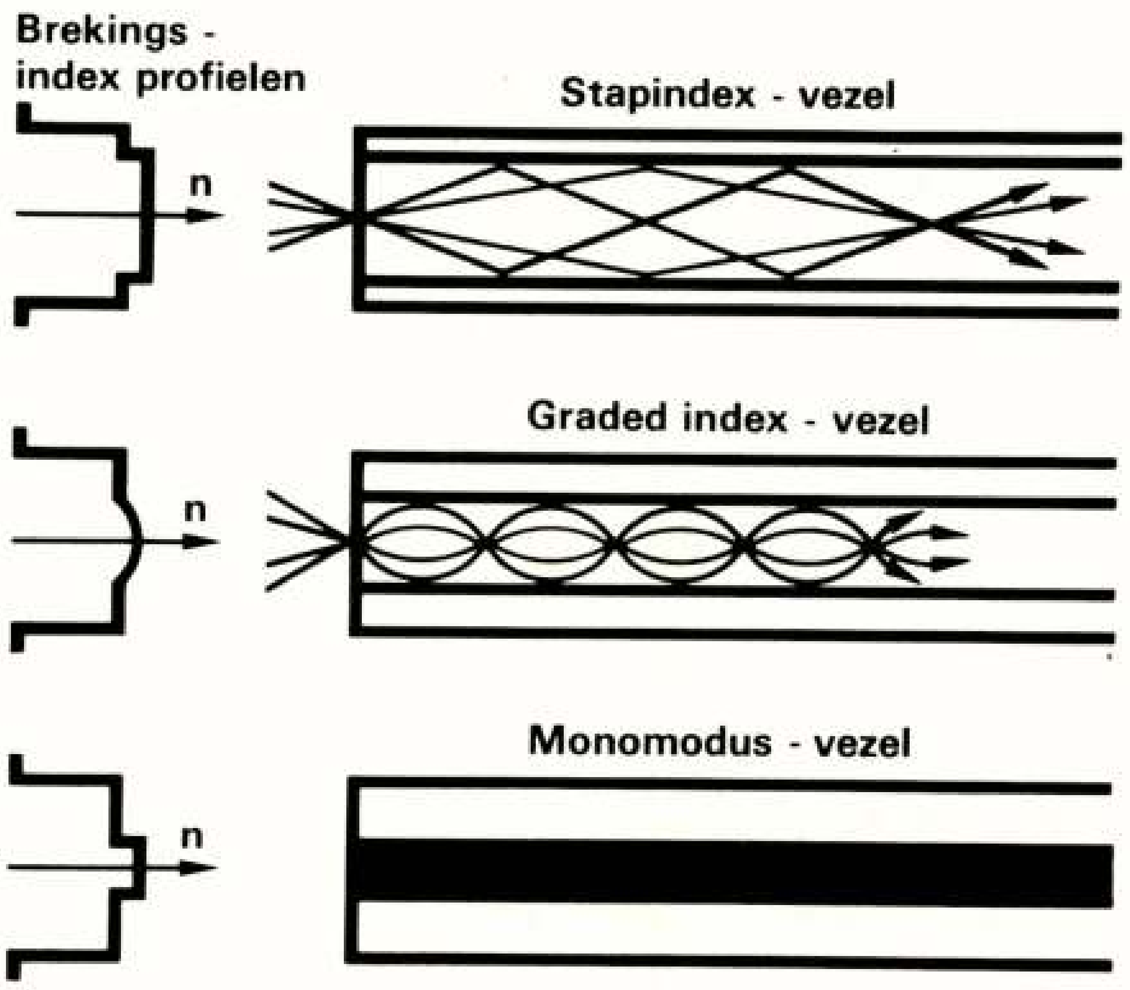
Nu zijn verzwakkingswaarden tot onder 0,2 dB/km mogelijk, waardoor afstanden tot 200 à 300 km zonder versterkers kunnen worden overbrugd. Daarbij is voor telecommunicatie de gebruikte golflengte verschoven van de aanvankelijk meest toegepaste 850 nm naar 1300 tot 1500 nm. Het is in dit verband interessant een eerder in dit tijdschrift verschenen artikel over dit onderwerp nog eens na te lezen (Mouthaan, 1973).

Misschien lijkt het in de titel gebruikte "nieuwe ontwikkelingen" wat overdreven wanneer men ziet dat Kao en Hockham al uitgingen van de zgn. monomodusvezel, welke pas nu op grote schaal ingevoerd wordt. Wel is het zo dat door grote vooruitgang op het gebied van halfgeleiderlasers en detectietechnieken, met name de coherente detectie, de mogelijkheden van de optische communicatie wat betreft informatiecapaciteit nu tot volle ontwikkeling gaan komen. Overigens, modulatie van halfgeleiderlasers tot ongeveer 20 GHz is gerealiseerd, maar dit is nog maar een kleine fractie van de frequentie van de optische golven, circa 200 THz.

DE ONTWIKKELING VAN DE GLASVEZELS

De eenvoudigste glazen lichtgeleider is een dunne massieve glasdraad waarbij de geleiding van licht plaats vindt door de totale reflectie van lichtstralen aan het grensvlak glas-lucht. Een dergelijke lichtgeleider is echter onpraktisch, omdat veel lichtverlies zal optreden ten gevolge van imperfecties in het oppervlak en het contact met (absorberende) omgevingsmaterialen. Vezels voor communicatietoepassingen zijn daarom voorzien van een mantellaag van glas (of kunststof) om het lichtgeleidende deel, de kern. De mantel is in de jaren '50 door prof. Van Heel (TH-Delft) geïntroduceerd (Van Heel, 1953). Vaak heeft de kern een bijzondere structuur in verband met bepaalde gewenste eigenschappen. De brekingsindex van de kern over een dwarsdoorsnede kan daarom soms een ingewikkelde variatie vertonen, waarbij globaal steeds de brekingsindex van binnen naar buiten zal afnemen.

In figuur 1 zijn schematisch de drie hoofdtypen vezels weergeven. Allereerst twee typen multimodusvezels, naar hun brekingsindexprofiel onderscheiden in stapindex, resp. "graded-index" vezels. In figuur 1 zijn enkele lichtstralen in de kern getekend. Deze kunnen in dit geval opgevat worden als een schematische weergave van het eindige aantal discrete oplossingen van de Maxwell-vergelijkingen voor dergelijke lichtgeleidende structuren ("geleide modi").



FIGUUR 1: De drie hoofdtypen glasvezels

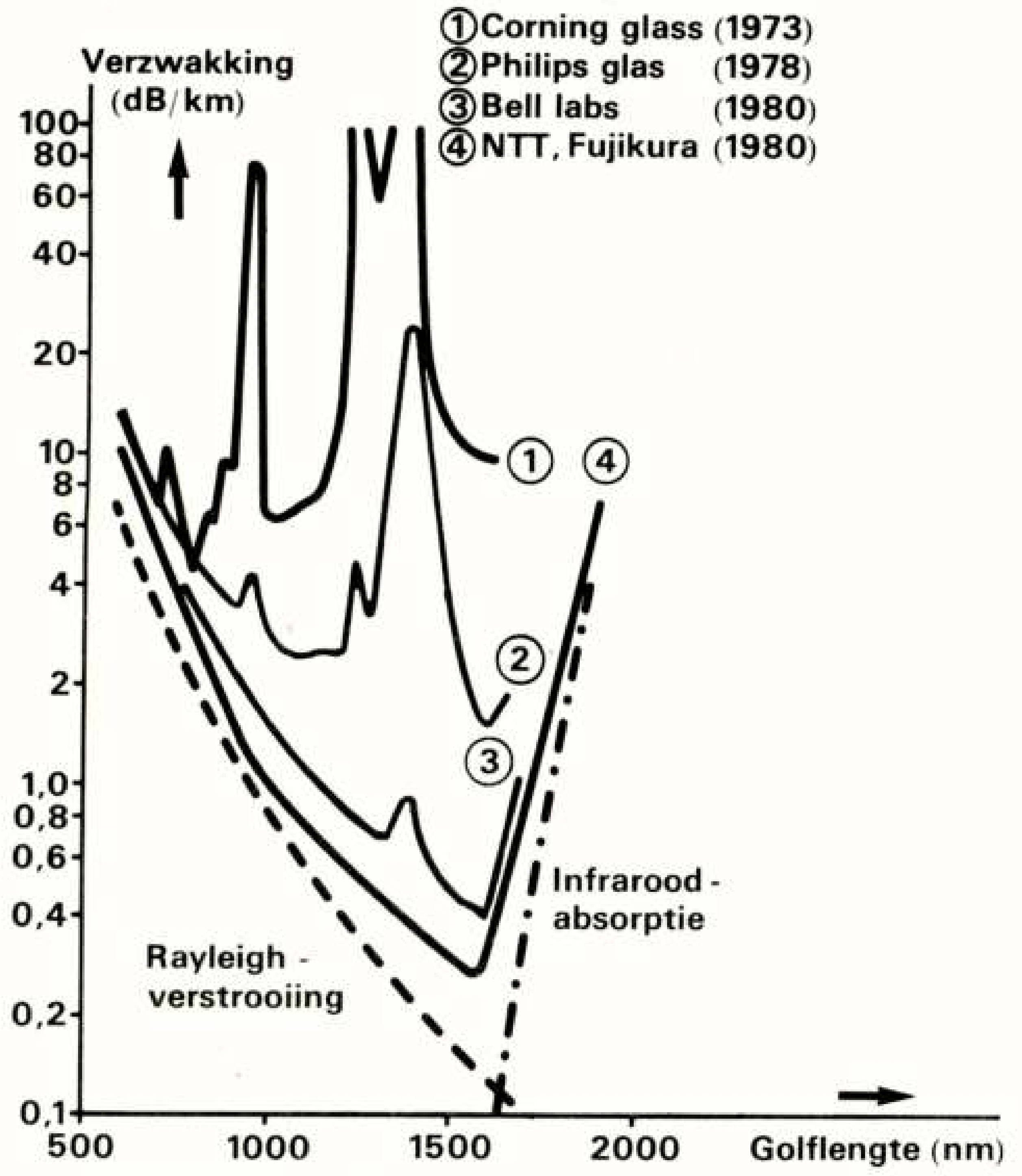
In de telecommunicatie wordt de graded-index vezel veel toegepast. Inmiddels zijn kern- en manteldiameter gestandaardiseerd op 50, resp. 100 µm.

Het derde type vezel is een zgn. monomodusvezel, waarbij de afmeting van de kern (circa 9 µm diameter) en het brekingsindexprofiel zodanig zijn gekozen dat slechts één geleide modus optreedt.

Lichtverzwakking in glasvezels

Om licht over grote afstanden te kunnen geleiden moeten glasvezels buitengewoon transparant zijn. Wat deze glaseigenschap betreft is door sterke verbetering van de fabricagemethoden grote vooruitgang geboekt sinds de jaren '50 toen de lichtverzwakking enkele duizenden dB/km bedroeg.

Figuur 2 toont de verbetering in de afgelopen jaren. Uit deze figuur blijkt dat bepaalde golflengtegebieden binnen het bruikbare golflengtegebied tussen ruwweg 800 en 1600 nm (nabije infrarood) gunstige eigenschappen hebben ("vensters").

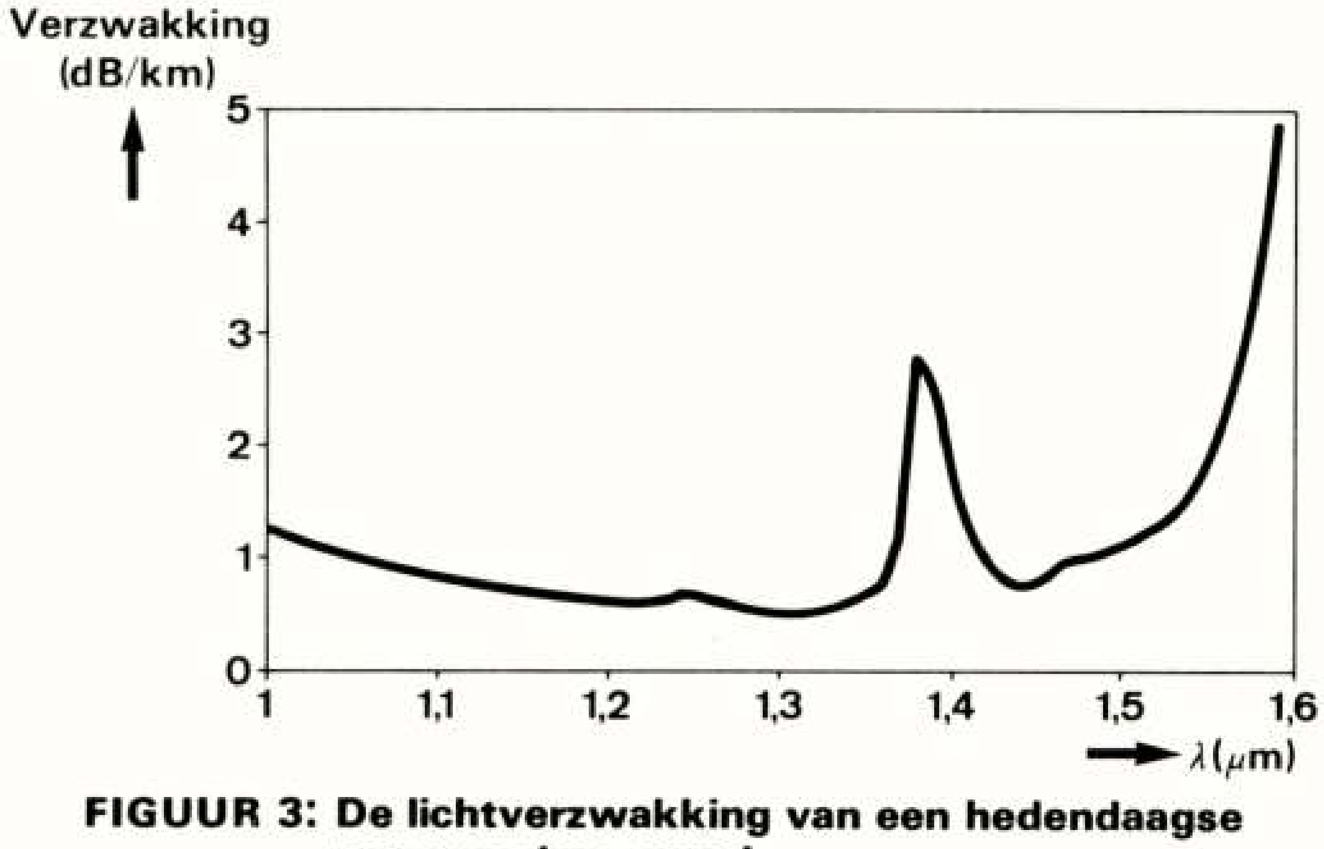


FIGUUR 2: De lichtverzwakking in glasvezels: vooruitgang tussen 1973 en 1980

Tijdens de eerste jaren van de moderne ontwikkeling van glasvezels, tussen 1965 en 1975, concentreerde men zich op het gebied rond 850 nm, omdat voor dat gebied geschikte halfgeleiderlichtbronnen (GaAs- en AlGaAs-lasers en -LED's) voorhanden waren. De eerste glasvezelsystemen voor communicatie werkten dan ook in dat golflengtegebied (1e generatie).

Wat de lichtverzwakking betreft is het gebied rond 1300 nm echter gunstiger, terwijl het gebied rond 1550 nm wat dit betreft de kroon spant. Door het elimineren van verontreinigingen in het kwarts glas (SiO_2) is hierbij grote vooruitgang geboekt. Vooral de reductie van het gehalte aan OH^-ionen is daarbij van groot belang geweest (Li, 1983). Deze ionen veroorzaken de absorptiepiek bij 1400 nm. Op laboratoriumschaal is men er zelfs in geslaagd deze verzwakkingsoorzaak praktisch te elimineren.

Figuur 3 toont de lichtverzwakking van een commercieël verkrijgbare monomodusvezel. De "water"-piek is hier niet volledig verdwenen. Verder valt op dat bij deze vezel de lichtverzwakking bij 1550 nm niet minder is dan die bij 1300 nm. In dit geval wordt dat



FIGUUR 3: De lichtverzwakking van een hedendaagse monomodus - vezel

veroorzaakt door de optische structuur van deze vezel waardoor bij langere golflengten ook de grondmodus energie gaat verliezen door uitstraling. Door een andere vezelstructuur is dit te voorkomen.

Wat de lichtverzwakking betreft is het theoretisch haalbare niveau voor kwartsglas praktisch bereikt. Zoals aangegeven in figuur 2 wordt de ondergrens aan de kort- golvige zijde gevormd door de Rayleigh-verstrooiing ten gevolge van de ongeordende structuur van het glas.

Aan de langgolvige kant treedt toenemend verlies op door lichtabsorptie aan de SiO_2-moleculen. Tabel 1 geeft enkele gangbare waarden voor de lichtverzwakking van momenteel verkrijgbare glasvezels.

golflengte(nm)	Lichtverzwakking (dB/km)
850	3,0
1300	1,0
1550	0,5

Tabel 1: Gangbare waarden voor de lichtverzwakking in glasvezels

De laagste waarde die gerapporteerd is (door medewerkers van ATT-Bell Labs), bedraagt 0,157 dB/km (Csencsits, 1984).

Het zal duidelijk zijn dat de lichtverzwakking in belangrijke mate bepalend is voor de afstand die in één keer met glasvezels kan worden overbrugd.

Bandbreedte van glasvezels

Een andere eigenschap van de glasvezel die de te overbruggen afstand in samenhang met de pulsverbreding en de bandbreedte van de glasvezel, beinvloedt, houdt verband met het eerder genoemde multimodus- of monomoduskarakter van een glasvezel.

Voor een graded-index multimodusglasvezel zijn twee verschijnselen belangrijk wat dit betreft. Allereerst de "meerwegigheid". Een in de vezel ingekoppelde puls verdeelt zich over de lichtwegen die niet alle dezelfde optische lengte hebben. Met andere woorden, door de looptijdverschillen komen de deelpulsen niet op dezelfde tijd uit de vezel.

De totale uitgangspuls is dus verbreed ten opzichte van de ingangspuls. Bij stapindex multimodusvezels bedraagt deze pulsverbreding ongeveer 30 ns/km. Door het bijzondere brekingsindexverloop is bij de graded-index vezel de pulsverbreding slechts circa 1 ns/km.
Een tweede oorzaak van pulsverbreding is die ten gevolge van de dispersie. Voornamelijk ten gevolge van de dispersieve eigenschappen van glas (kleurschifting) ontstaat een bijdrage aan de pulsverbreding welke evenredig is met de spectrale breedte van het ingangssignaal.
De totale pulsverbreding in multimodusvezels wordt door beide factoren bepaald. In monomodusvezels treedt per definitie geen meerwegigheid op, zodat alleen de dispersie de pulsverbreding bepaalt. De groepslooptijd τg heeft als functie van de golflengte een minimum bij een golflengte rond 1300 nm. Dit betekent dat in dat golflengtegebied de pulsverbreding in monomodusvezels minimaal zal zijn.

Voor multimodusvezels geldt in eerste benadering voor de pulsverbreding:

$$\Delta\tau = \sqrt{\Delta\tau_m^{\ 2} + \Delta\tau_d^{\ 2}}$$

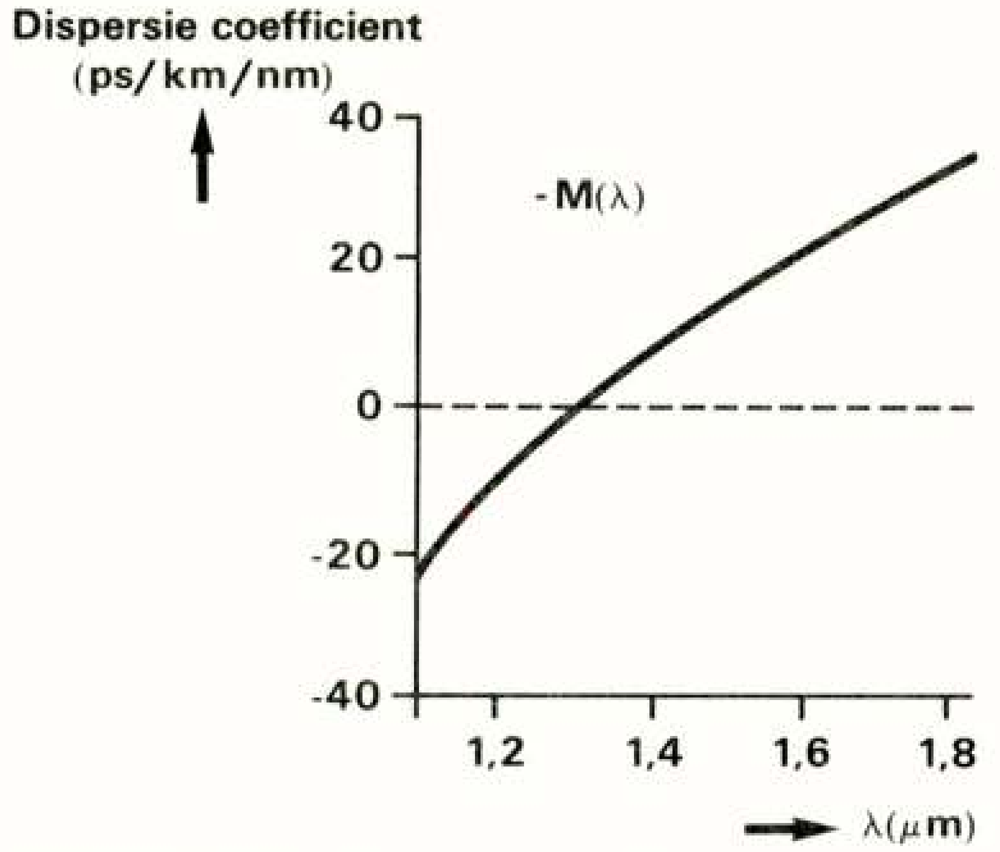
waarbij $\Delta\tau_m$ de pulsverbreding t.g.v. de moduslooptijdverschillen.
$\Delta\tau_d$ de pulsverbreding t.g.v. de dispersie.

Voor de dispersiebijdrage aan de pulsverbreding geldt in eerste benadering:

$$\Delta\tau_d = M(\lambda).\Delta\lambda.L. \qquad (1)$$

$\Delta\lambda$ = spectrale breedte van de bron
L = afstand
$M(\lambda) = -\frac{1}{L}\frac{d\tau g}{d\lambda}$ is de dispersie constante

Het verloop van $M(\lambda)$ is weergegeven in figuur 4. Rond 1300 nm heeft $M(\lambda)$ een nulpunt.



FIGUUR 4: De dispersie coefficient van een kwartsglasvezel

Bij multimodus vezels is de pulsverbreding ten gevolge van de moduslooptijdverschillen in het algemeen overheersend, zeker in het 1300 nm gebied. Voor 1 km graded-index vezel treedt bij gebruik van lasers in het 1300 nm gebied een pulsverbreding van circa 1 ns/km of minder op, of wel deze vezels hebben een bandbreedte van meer dan circa 800 MHz over 1 km (in eerste benadering kan van Gaussische pulsen worden uitgegaan). Zeer goede graded-index vezels bezitten bandbreedten van 1 à 2 GHz tot zelfs 8 GHz over 1 km. Ten gevolge van energieuitwisseling tussen de modi (moduskoppeling) neemt de pulsverbreding niet evenredig toe met de afstand, maar volgens de relatie:

$$\frac{\Delta\tau(L)}{\Delta\tau(L_o)} = \left(\frac{L}{L_o}\right)^E$$ waarin $E \approx 0{,}6$ à $0{,}8$ en b.v. $L_o = 1$ km

Voor de bandbreedte geldt:

$$\frac{B(L)}{B(L_o)} = \left(\frac{L_o}{L}\right)^E.$$

Is bijvoorbeeld B(1 km) = 2 GHz, dan volgt voor enkele afstanden, met E = 0,8 en aangenomen dat de vezels waaruit de trajecten bestaan, gelijke eigenschappen en lengte hebben:

B(10) = 317 MHz
B(20) = 187 MHz
B(30) = 132 MHz

Bij 140 Mb/s zal een trajectbandbreedte van ongeveer 100 MHz nodig zijn, dus wat betreft de bandbreedte kan met deze vezels gemakkelijk 30 km overbrugd worden (ook wat betreft de lichtverzwakking, zeg 0,8 dB/km, is 30 km gemakkelijk haalbaar).

De dispersiebijdrage aan de pulsverbreding neemt blijkbaar lineair met de afstand toe (zie (1)). Zoals gezegd is deze bij multimodus vezels, zeker bij 1300 nm niet belangrijk. In monomodusvezels treedt alleen de dispersie als pulsverbredende oorzaak op - deze verbreding is evenredig met de afstand.

In het golflengtegebied rond 1300 nm zijn ook LED's in combinatie met graded-index vezels goed bruikbaar, omdat hun, ten opzichte van een halfgeleiderlaser, tamelijk grote spectrale breedte (circa 100 nm voor InGaAs-LED's) in dat golflengtegebied relatief weinig bijdraagt aan de pulsverbreding. De LED wordt niet als bron bij monomodusvezels gebruikt wegens de voor dit geval zeer lage inkoppelefficiency.

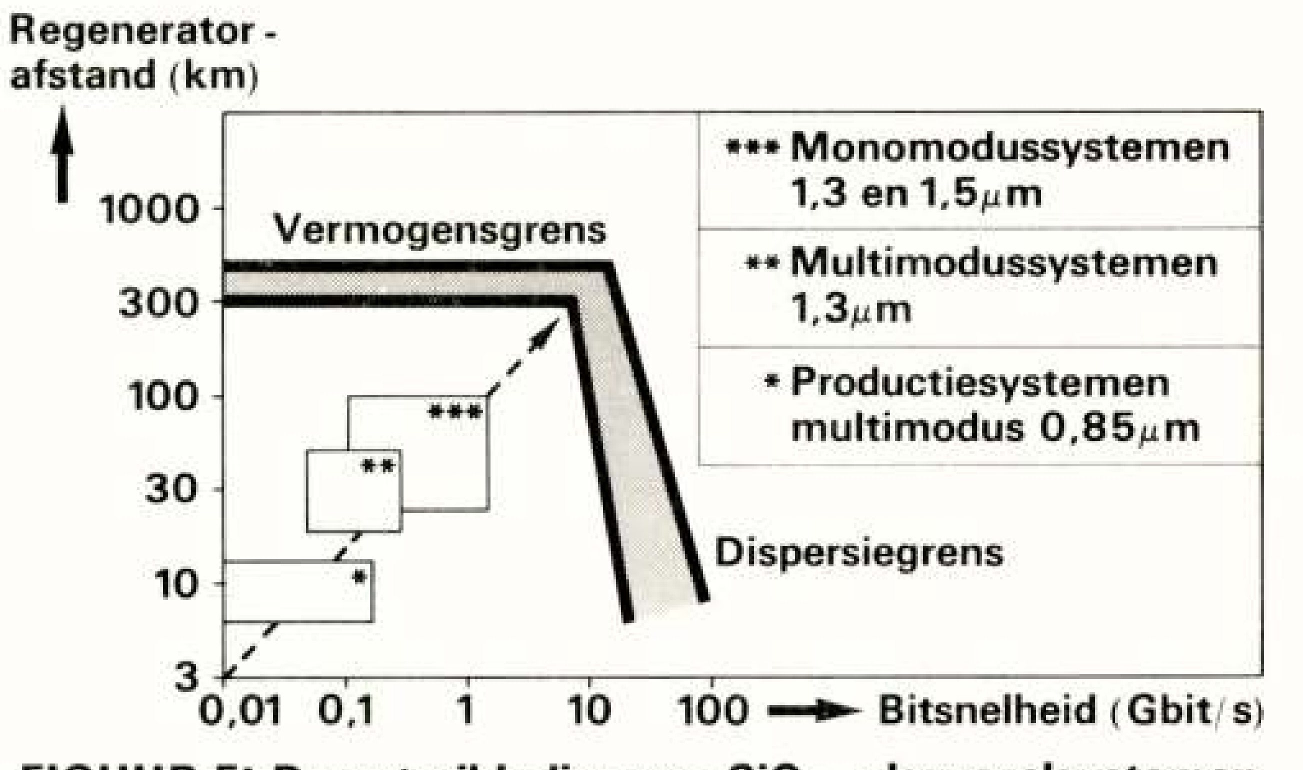
Voor breedbandige transmissie over grote afstanden heeft de monomodusvezel de beste eigenschappen. Het meest gunstig zou zijn het samenvallen van dispersieminimum en dempingsminimum. Het blijkt nu mogelijk om het dispersieminimum bij monomodusvezels te verschuiven van 1300 nm naar circa 1500 nm ("dispersion-shifted fibres"). Ook is men er in geslaagd de dispersie over een tamelijk breed gebied (tussen 1300 en 1550 nm) gering te houden.

Dit is mogelijk, omdat de totale dispersie het resultaat is van twee elkaar "tegenwerkende" effecten, namelijk de glasdispersie en een bijdrage van de golfgeleider zelf. Deze laatste kan gevarieerd worden door het brekingsindexprofiel een bijzonder verloop te geven.

Het zal duidelijk zijn dat om de pulsverbreding gering te houden een bron met kleine spectrale breedte en een stabiele golflengte gebruikt moet worden.

Overbrugbare afstanden

De ontwikkeling in de glasvezelsystemen tot nu toe is afgebeeld in figuur 5.



FIGUUR 5: De ontwikkeling van SiO_2 glasvezelsystemen

Hierin kan men drie generaties systemen onderscheiden. De oudste generatie werkt zoals gezegd bij 850 nm met graded-index vezels (uiteraard ook wel met stap-index vezels voor kleinere afstanden); deze zijn beperkt in afstand en capaciteit tot ongeveer 12 km en 140 Mbit/s.

De tweede generatie systemen welke gebruik maakt van graded-index vezels bij 1300 nm, wordt momenteel volop gebruikt en maakt grotere afstanden en hogere bitsnelheden mogelijk, respectievelijk tot circa 30 km en 280 Mbit/s.

De derde generatie systemen is opgebouwd met monomodusvezels bij 1300 nm (1500 nm is nog in ontwikkeling). Door zijn grotere mogelijkheden met betrekking tot afstand en capaciteit is de toepassing van deze vezel voor telecommunicatie momenteel zeer interessant met name voor grote afstanden. (zie verderop).

Qua demping is bij de kwartsglasvezel in het laboratorium dus praktisch het uiterste bereikt. Produktie van deze vezels op grote schaal is een ander verhaal (zie figuur 3). De aandacht richt zich nu vooral op verbetering van bronnen.

BRONNEN VOOR GLASVEZELSYSTEMEN

Twee typen halfgeleider lichtbronnen worden toegepast in de glasvezeltransmissie, namelijk de LED en de halfgeleiderlaser. Beide lichtbronnen maken gebruik van de generatie van fotonen door recombinatie van gaten en elektronen. Ze verschillen daarin, dat bij lasers gestimuleerde emissie de overhand heeft, waardoor coherent licht met tamelijk kleine spectrale breedte ontstaat (enkele nm of minder). Het licht uit een halfgeleiderlaser kan in het algemeen efficienter

in een vezel gekoppeld worden dan het licht uit een LED terwijl ook qua modulatiesnelheid de laser uiteindelijk in het voordeel is. De modulatie geschiedt bij beide typen direct via modulatie van de voedingsstroom.

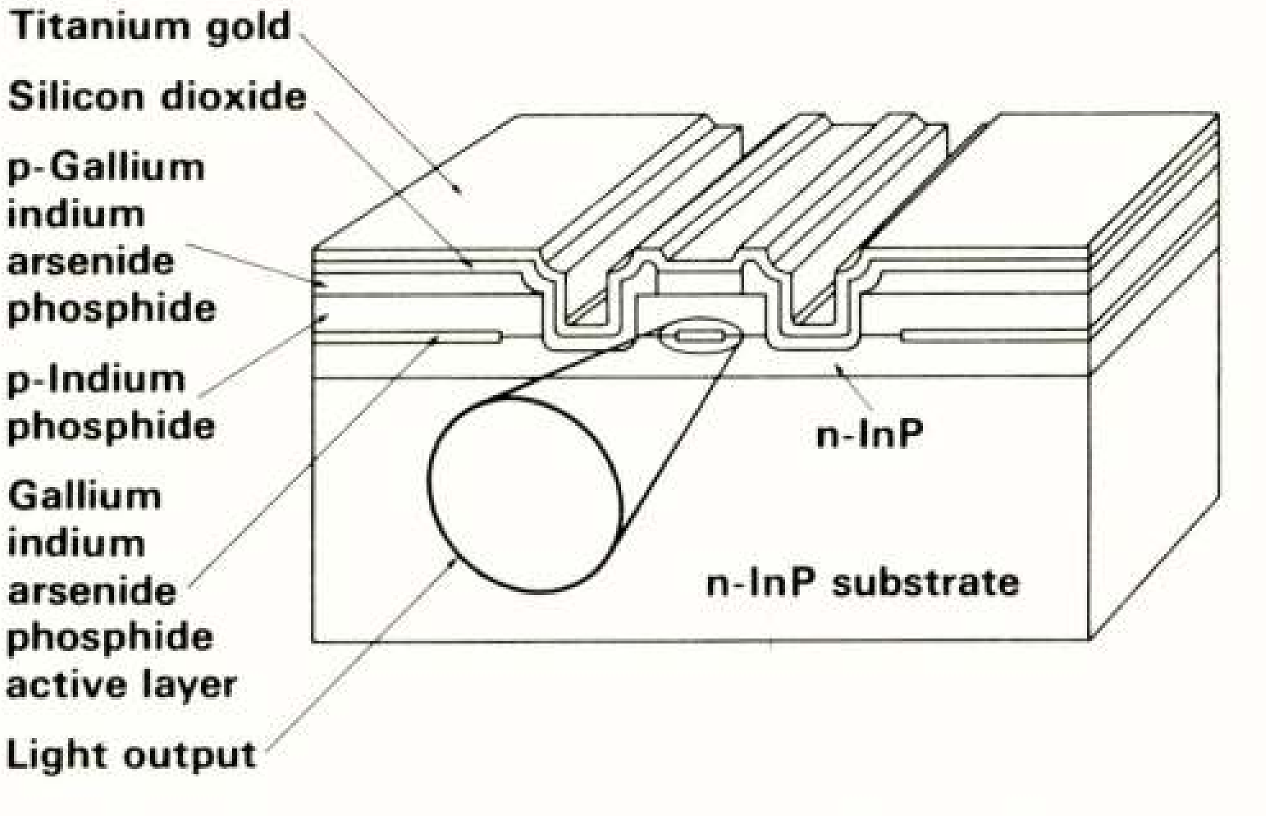
Bij monomodusvezels worden zoals gezegd alleen lasers als bron toegepast wegens de inkoppelefficiency.

In het 850 nm gebied worden de bronnen gemaakt van AlGaAs; voor het gebied boven 1200 nm zijn InGaAs en InGaAsP de gebruikte halfgeleidermaterialen.

Oudere typen halfgeleiderlaser geven een lijnenspectrum af (multimodus lasers) met een breedte van de omhullende van ca. 2 nm. Het optreden van enkele lijnen kan aanleiding geven tot ruis wegens hun instabiele karakter. Door verbeterde structuren zijn nu monomoduslasers beschikbaar die met temperatuurstabilisatie een redelijk stabiele en smalle spectraallijn geven. Een spectrale breedte van 2 nm komt overeen met ca. 300 GHz. Modulatie hiervan met bitsnelheden tot enkele honderden Mbit/s houdt in dat we een "ruizige" bron moduleren. Ook wegens de eerder genoemde vezeldispersie is het essentieel over bronnen te kunnen beschikken met een stabiel en smal spectrum.

Van de nieuwe typen lasers, waarvan de ontwikkeling nog in volle gang is, zijn te noemen de zogenaamde C^3-laser ("cleaved-coupled-cavity"-laser) en de DFB-laser ("distributed feedback-laser"). De eerstgenoemde laser is eigenlijk een laser die elektrisch gesproken uit twee delen bestaat, welke optisch gekoppeld zijn. Hiermee zijn ook bijzondere modulatievormen mogelijk, bijvoorbeeld optische frequentiemodulatie. Deze laser is van het Fabry-Pérot type (FP-laser), dat wil zeggen dat de optische terugkoppeling verzorgd wordt door twee parallelle spiegels; bij halfgeleiderlasers zijn dit meestal de eindvlakken van het halfgeleiderkristal.

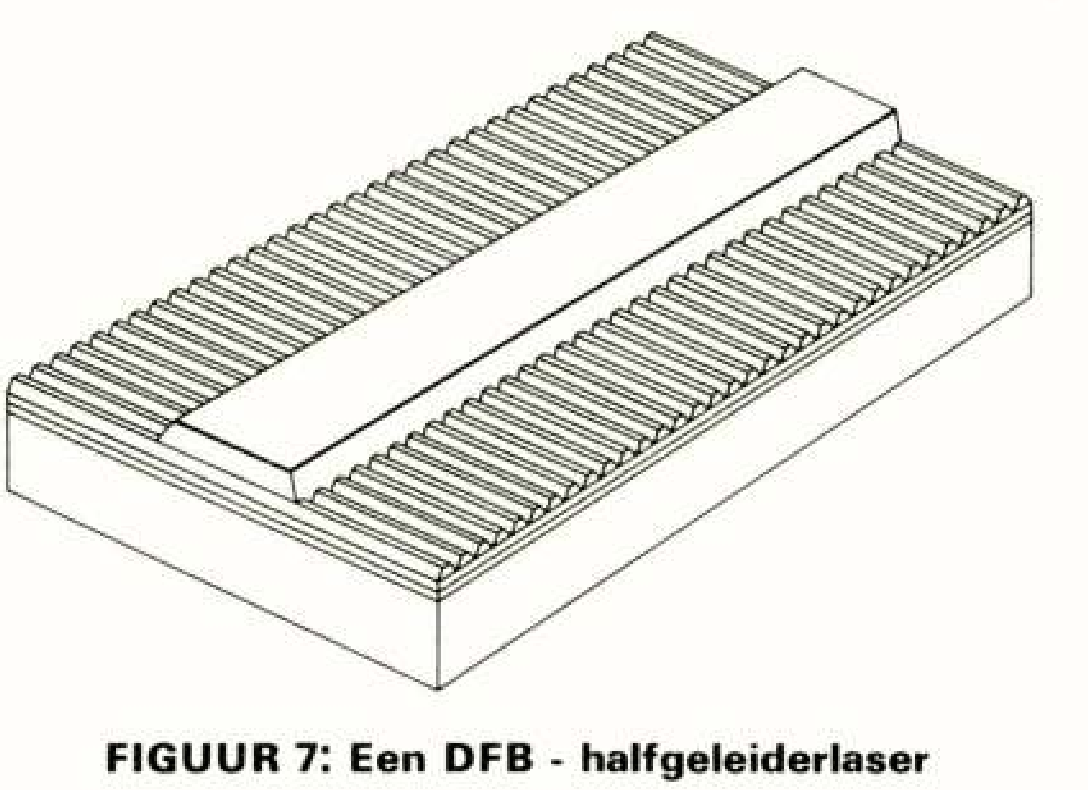
Ook worden wel externe spiegels toegevoegd, waarmee een langere resonator wordt verkregen. De "gewone" halfgeleiderlasers zijn in het algemeen van het FP-type, zie figuur 6.



FIGUUR 6: Een halfgeleiderlaser van het Fabry - Pérot type (InGaAsP)

Bij een DFB-laser zijn de laserspiegels in de vorm van een tralie over de gehele lengte van de laser aangebracht. Zie figuur 7. De lijnen van het tralie hebben een onderlinge afstand van een halve golflengte (ca. 250 nm in verband met de brekingsindex van het halfgeleidermateriaal). Met dit type laser is een spectrale breedte van ca. 10 MHz bereikt. Temperatuurstabilisatie van deze bronnen blijft noodzakelijk, wegens het temperatuurgevoelige karakter van het halfgeleidermateriaal.

Modulatie van halfgeleiderlasers is reeds gedemonstreerd tot meer dan 10 GHz.



FIGUUR 7: Een DFB - halfgeleiderlaser

DETECTOREN VOOR GLASVEZELSYSTEMEN

Wat betreft de detectiezijde het volgende. Voor de eerste generatie systemen stonden Si-detectoren (lichtgevoelige halfgeleiderdioden) ter beschikking. Deze zijn zowel van het "gewone" type (meestal PIN-opbouw) als van het "lawine" type (APD: avalanche photo diode). Bij het laatste type wordt door het aanleggen van een hoge tegenspanning interne versterking van de elektronen veroorzaakt. De PIN-dioden worden veelal gecombineerd met een FET- of een transimpedantie versterker. Silicium is echter onbruikbaar boven 1100 nm. Voor dat gebied worden wel Germanium detectoren toegepast, maar ook zijn nieuwe typen PIN- en lawinefotodioden ontwikkeld, namelijk InGaAs en InGaAsP-dioden. De laatst genoemde typen worden het meest toegepast.

De grens voor optische detectie

De fundamentele grens voor detectie van fotonen vindt zijn oorzaak in de statistische variatie in het aantal gedetecteerde fotonen per tijdseenheid. Dit proces kan worden beschreven als een poisson-proces.

Voor de kans om precies n fotonen te detecteren gedurende een zekere tijd, geldt:

$$p(n) = \frac{\bar{n}^n e^{-\bar{n}}}{n!},$$

waarbij $\bar{n}$ het gemiddelde aantal gedetecteerde fotonen per tijdseenheid is.

Om een idee hiervan te geven gaan we uit van een ideale detector die "nullen" of "enen" moet detecteren, afhankelijk van de af - of aanwezigheid van een puls. We nemen aan dat deze detector geen fouten maakt bij het detecteren van een "nul". Dan is de kans op een fout, namelijk wanneer een "nul" wordt gedetecteerd terwijl een "een" is verzonden:

$$p(o) = e^{-\bar{n}}.$$

Voor een pulsreeks met gemiddeld evenveel "nullen" als "enen" (binaire PCM) volgt dat bij een toegestane foutenkans (BER = bit error rate) van 10^{-9} er gemiddeld per puls minimaal ongeveer 21 fotonen moeten aankomen op de detector. Deze grens wordt wel de quantum-limiet genoemd. (Eigenlijk moet hierbij nog rekening worden gehouden met de efficiency waarmee in de detector elektronen worden gegenereerd door de invallende fotonen. Deze bedraagt circa 0,8).

Voor het minimale gemiddelde vermogen per puls volgt:

$$P = \bar{n} \cdot \frac{hc}{\lambda} \cdot R$$

waarin h = $6,625.10^{-34}$ Js, de constante van Planck,
c = 3.10^8 m/s, de lichtsnelheid,
R = bitsnelheid.

Voor het benodigde gemiddelde minimale vermogen bij de detector, $\overline{P}$, volgen bij λ = 1300-1600 nm en binaire PCM, de waarden in tabel 2.

R (Mb/s)	$\overline{P}$ (dBm)	L(1300 nm) (km)	L(1550 nm) (km)
34	-73	146	365
140	-67	134	335
560	-61	122	305
1200	-57	114	275

Tabel 2 Minimaal benodigd gemiddeld vermogen en maximaal overbrugbare afstand, begrensd door de quantum-limiet bij binaire PCM. (directe detectie)

In tabel 2 zijn tevens vermeld de door de lichtverzwakking begrensde maximaal overbrugbare afstanden, waarbij is uitgegaan van een verzwakking van 0,5, respectievelijk 0,2 dB/km voor 1300, respectievelijk 1550 nm en een in de monomodusvezel gekoppeld vermogen van 0 dBm.

In de praktijk wordt ten gevolge van ruis, deze quantum-limiet niet gehaald. (Zoals gezegd zijn bovenstaande getallen geldig voor binaire PCM. Worden andere coderingen toegepast, bijvoorbeeld PPM, dan kan de quantum-limiet lager komen te liggen (Garrett, 1983)). Bij zeer goede detectoren zijn 2000 tot 3000 fotonen per puls nodig, dat wil zeggen een factor 100-150 boven de quantum-limiet, dus circa 20 dB meer gemiddeld vermogen. Dit betekent dat bij 1300, resp. 1500 nm een circa 40, resp. 100 km kortere afstand dan aangegeven in tabel 2 gehaald wordt.

In tabel 3 zijn enkele resultaten aangegeven, die recent gehaald zijn in diverse laboratoria.

λ (nm)	R (Mb/s)	afstand (km)	Bijzonderheden
1300	100	100	British Telecom (1982)
1300	400	100	NTT (1982)
1560	420	203	ATT-Bell Labs (1984) met DFB-laser
1540	2000	130	ATT-Bell Labs (1984) met DBF-laser

Tabel 3: Enkele recente laboratoriumresultaten met monomodusvezels

COHERENTE SYSTEMEN

Verdere vooruitgang is mogelijk door gebruik te maken van de coherentie-eigenschappen van de laserbronnen. Net als met radiogolven is dan coherente detectie (heterodyne en homodyne) mogelijk. Hierbij moet de bron aan strenge eisen voldoen: stabiel in golflengte en een kleine spectrale breedte. Hetzelfde geldt voor de bron aan de ontvangzijde waarvan tevens de polarisatie gelijk moet zijn aan die van het invallende signaal om efficiënte menging mogelijk te maken. Voor homodyne detectie moet ook de fase van de signalen stabiel zijn. De spectrale breedte van de halfgeleiderlasers moet hiervoor veel kleiner worden dan de 10 MHz die nu met DFB-lasers is gehaald.

De winst bij deze vorm van detectie wordt veroorzaakt door de filterende werking van dit proces die de invloed van ruis sterk verkleint. Afhankelijk van de gekozen modulatiemethode is theoretisch een toename van de ontvangergevoeligheid tussen circa 15 en 20 dB mogelijk ten opzichte van de eerder genoemde zgn. directe detectie. De quantum-limiet kan dus zeer dicht benaderd worden. De meest gevoelige techniek is die waarbij homodyne PSK (phase-shift-keying) wordt gebruikt. Hierbij worden strenge eisen gesteld aan de bronnen (spectrale breedte van de bronnen minder dan enkele tientallen kHz, stabiele fase, stabiele polarisatie).

Voor deze typen communicatiesystemen worden speciale polarisatiebehoudende vezels en vezels met slechts één polarisatierichting ontwikkeld. Het is overigens gebleken dat bij "gewone" monomodusvezels de polarisatie slechts langzaam verandert, waarvoor gemakkelijk kan worden gecorrigeerd.

Bij recente heterodyne experimenten is door NEC met DFB-lasers bij 1570 nm 104,7 km overbrugd bij 100 Mbit/s (Emura, 1984). Bij een foutenkans van 10^{-9} bedroeg de ontvangergevoeligheid -48 dBm. Met de toegepaste ASK (amplitude-shift-keying) modulatiemethode is theoretisch een ontvangergevoeligheid van -57 dBm te halen.

Door de ontwikkeling van stabiele en smalbandige bronnen en coherente technieken zal de potentieel zeer grote capaciteit van glasvezelverbindingen langzamerhand beter gaan worden benut.

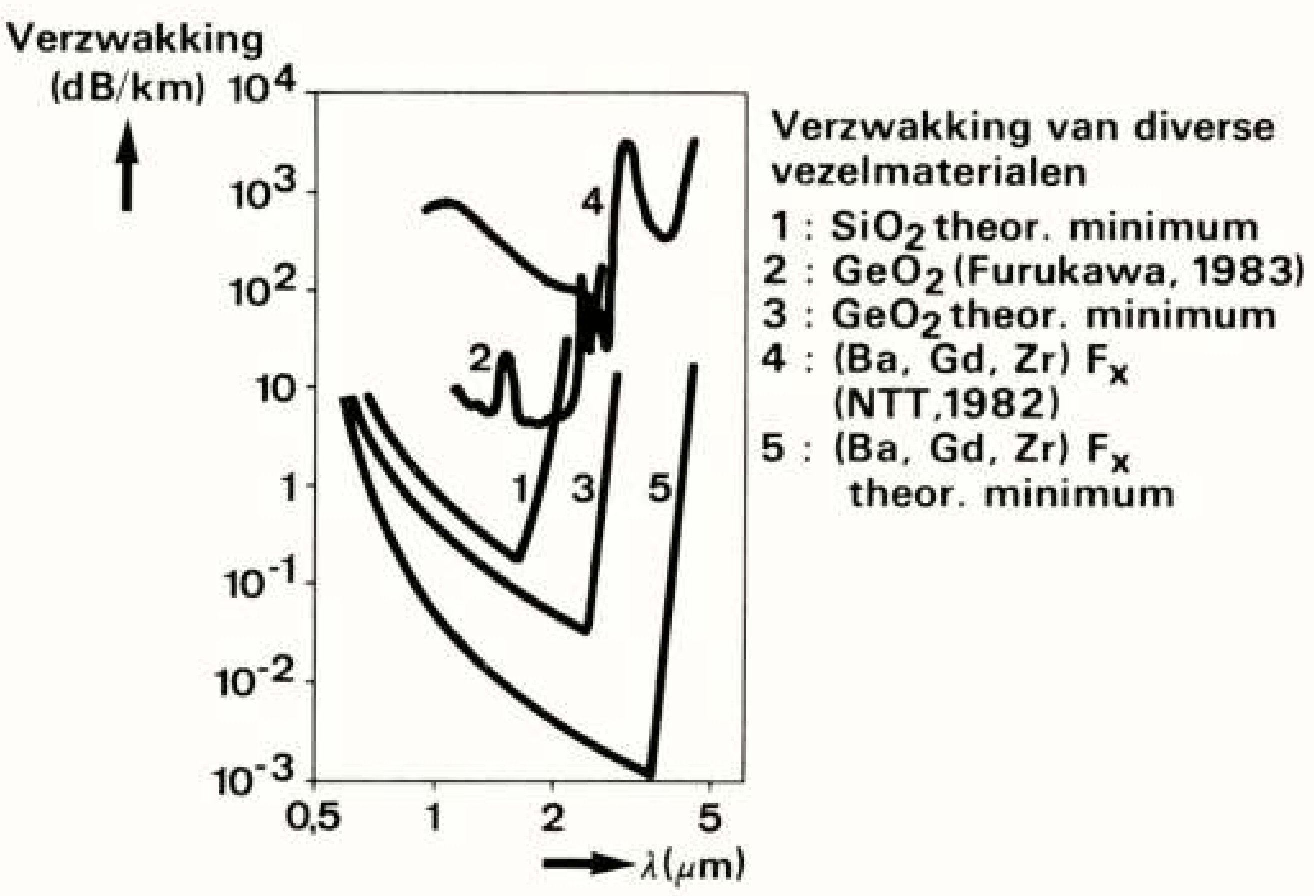
De bovengegeven capaciteit van een optische verbinding geldt overigens voor een gegeven golflengte. Door combinatie van een aantal "golflengtekanalen" in één vezel kan de capaciteit van de vezel aanzienlijk worden vergroot (WDM: wavelength division multiplexing). Zo werd recent (Olsson, 1985) gerapporteerd over een experiment waarbij 10 kanalen met verschillende golflengten rond 1500 nm werden getransporteerd over één monomodusvezel. Over circa 68 km werd 2 Gb/s per golflengtekanaal getransporteerd, dat wil zeggen over de vezel 20 Gb/s totaal.

Combinatie en splitsing van de verschillende golflengten gebeurt met behulp van speciale (micro)optische componenten, waarin golflengte afhankelijke filters zijn opgenomen. In verband hiermee heeft een glasvezelkabel, mits de vezels geschikte eigenschappen hebben qua lichtverzwakking en dispersie, steeds een inherente groeimogelijkheid door de mogelijkheid extra kanalen met andere golflengte naar behoefte toe te voegen.

VERDERE VERWACHTE ONTWIKKELINGEN

"Infrarood"-vezels

Zoals hiervoor opgemerkt is qua lichtverzwakking voor kwartsglasvezels de fysische ondergrens praktisch bereikt. Inmiddels onderzoekt men andere materialen met potentieel nog kleinere verzwakkingen. Gezien het feit dat de Rayleigh-verstrooiing die altijd optreedt in glasachtige materialen met toenemende golflengte afneemt met de vierde macht van de golflengte, ligt het voor de hand daarbij materialen te onderzoeken die transparant zijn bij golflengten boven de 1600 nm. Germaniumoxide, maar vooral zircoonfluoride glazen blijken veelbelovende kandidaten. In figuur 8 zijn enkele resultaten weergegeven.



FIGUUR 8: Lichtverzwakking van vezels in het infrarood

Theoretisch zouden lichtverzwakkingen tot circa 0,001 dB/km mogelijk moeten zijn. Men verwacht momenteel enkele dB/km binnen 1 à 2 jaar te halen. Gezien het golflengtegebied tussen 2 en 10 µm spreekt men wel van infrarood-vezels ("infrared fibres"). Strikt genomen is dit een ongelukkige naam, omdat de kwartsglasvezels ook in het infrarode gebied worden gebruikt.

Deze ontwikkeling staat nog in de kinderschoenen. Zeker geldt dit voor de ontwikkeling van bruikbare bronnen en detectoren voor dit golflengtegebied. Gezien de verwachte verzwakking van 1 mdB/km zouden overbrugbare afstanden tot enkele duizenden kilometers theoretisch mogelijk zijn (als ook de vezeldispersie beperkt kan worden), waarmee de oceanen zonder versterkers zouden kunnen worden bekabeld. Dit lijkt voorlopig nog science-fiction.

Geïntegreerde opto-electronische circuits

Een wat dichterbij liggende ontwikkeling betreft die der opto-elektronische en optische circuits (Diemeer, 1985). Het idee hierbij is om compacte circuits te maken met optische en elektrische geleiders om zodoende modulatoren, schakelaars, multiplexers, lichtbronnen en detectoren op één chip efficiënt te laten samenwerken. Het meest ideaal is het gebruik maken van halfgeleidermateriaal waarin zowel lichtbronnen en detectoren als de overige geleiders en componenten kunnen worden geintegreerd (de eerder genoemde DFB-lasers zijn hiervoor beter geschikt dan FP-type lasers).

Men spreekt wel van "geintegreerde optica" of "geintegreerde optische circuits". Eenvoudige circuits met modulatoren en schakelaars zijn reeds vervaardigd, o.a. in GaAs; ook zijn voorbeelden bekend van integratie van een detector en een FET in InGaAs. De planaire technieken die bij de vervaardiging van elektronische chips worden gebruikt, zouden het uiteindelijk mogelijk kunnen maken dat ook geintegreerde opto-elektronische circuits goedkoop in grote aantallen worden gemaakt. Dit zal echter nog wel een jaar of 5 à 10 duren.

DE TOEPASSINGEN VAN GLASVEZELTRANSMISSIESYSTEMEN

Voor telecommunicatiedoeleinden worden momenteel op grote schaal systemen met monomodusvezels geinstalleerd, met name in de Verenigde Staten, Japan en Engeland. Het gaat daarbij vooral om lange afstandsverbindingen.

Voor kortere afstanden worden ook veel systemen met graded-index vezels gebruikt. De toegepaste golflengte is meestal 1300 nm, terwijl systemen met golflengten van 1550 nm in ontwikkeling zijn. Grootschalige toepassing in het lokale net is een zaak van de toekomst. Te noemen valt een net met enkele duizenden abonnees in Biarritz, welk net overigens slechts beperkte mogelijkheden biedt. Algemeen wordt invoering van geintegreerde lokale breedbandige glasvezelnetten pas in de jaren '90 verwacht.

Wat dit betreft kan het RACE-project belangrijk worden. Op initiatief van de EEG zal hierbij door vele Europese industrieën en PTT's worden samengewerkt om in 1995 breedbandige glasvezelnetten in Europa mogelijk te maken.

In Nederland is door de PTT begonnen met de invoering van systemen met monomodusvezels. Vorig jaar werden twee trajecten in Rotterdam in gebruik genomen, terwijl momenteel wordt gewerkt aan een verbinding tussen Breda en Herenthals in een Nederlands-Belgisch project. In samenwerking met Engeland, België en West-Duitsland zal binnenkort een glasvezelkabel in de Noordzee worden gelegd.

In Amsterdam en Rotterdam is de PTT begonnen met de aanleg van zgn. agglomeratienetten. Deze ringvormige netten zijn er speciaal op gericht om breedbandige verbindingen tussen bedrijven mogelijk te maken. In Amsterdam wordt dit net verbonden met een Teleport, waardoor via satellieten ook gemakkelijk internationale verbindingen kunnen worden opgebouwd. In 1986 zal overigens worden begonnen met de aanleg van een transatlantische glasvezelverbinding (TAT 8), werkend bij 1300 nm, waarbij versterkers om de 50 km zullen worden aangebracht. (Toekomstige transatlantische kabels zullen ongetwijfeld bij 1550 nm werken (Wagner, 1984)). Deze versterkers bevatten detectoren, elektronische versterkers, pulsversterkers en lasers. De ontwikkeling van geintegreerde optische circuits zal in de toekomst de realisatie van "echte" optische versterkers (dus zonder de elektronische "omweg") mogelijk maken.

Wat toepassing in het lokale net betreft is in Nederland het DIVAC-experiment te noemen (Van der Heijden, 1983). Hierbij zijn in een samenwerkingsproject van Philips, PTT en de Technische Hogescholen van Delft en Eindhoven, op laboratoriumschaal de mogelijkheden van een geintegreerd glasvezelnet onderzocht. Momenteel staat dit als demonstratie-object opgesteld in het Dr. Neher Laboratorium. Verdere ontwikkelingen op het gebied van lokale glasvezelnetten en de toepassing van glasvezels in bedrijfsnetten (LAN's = Local Area Networks) zijn gaande.

Samenvattend kan worden gesteld dat zowel voor de lange afstands-communicatiekabels als in de lokale breedbandige geïntegreerde kabelnetten in de jaren '90 voornamelijk van glasvezels gebruik zal worden gemaakt.

LITERATUUR

Csencsits, R. et al. - Proc. 7th Conf. Optical Fiber Commun. (23-25 jan. 1984, New Orleans), p. 54

Diemeer, M.B.J. - Ned. Tijdschrift voor Fotonica 11 (1985) nr. 1, pp. 4-15.

Emura, K. et al. - Proc. 10th European Conf. Optical Commun. (3-6 sept. 1984, Stuttgart), p. 228

Garrett, I. - J. Lightwave Techn. LT-1 (1983), pp. 131-138

Heel, A.C.S. van - De Ingenieur 65 (1953) nr. 2, pp. 025-28

Heijden, J. v.d. - Philips Techn. Tijdschrift 41 1983), pp. 265-272

Kao, K.C.; Hockham, G.A. - Proc. IEE 113 (1966), pp. 1151-1158

Kapron, F.P. et al. - Applied Phys. letters 17, (1970), pp. 423-425

Li, T. - IEEE J. Selected Areas in Commun. SAC 1 (1983), pp. 356-372

Mouthaan, K. - Tijdschrift NERG 38 (1973), pp. 113-122

Olsson, N.A. et al. - Proc. 8th Conf. Optical Fiber Commun. (11-13 febr. 1984, San Diego) p. 88

Wagner, R.E. - J. Lightwave Techn. LT-2 (1984) pp. 1007-1015

Dit artikel is de uitgewerkte tekst van een voordracht gehouden op de 329ste werkvergadering van het NERG op 21 februari 1985 op het Dr. Neher Laboratorium, Leidschendam.

Voordracht gehouden tijdens de 329e werkvergadering.

OPTICAL COMPUTING

door Dr.Ir. C.H.F. Velzel
Philips - Centrum voor Fabricagetechnologie - Eindhoven

INLEIDING

We geven een globaal overzicht van de stand van zaken op het gebied van "optical computing". In een recent overzichtsartikel (1) is optical computing gedefinieerd als:
"the use of optical systems to perform numerical computation on one- or multidimensional data that are in general not images".

Een jaar of vijf geleden dacht men bij "optical computing" automatisch aan coherente Fourier-optica. Een eenvoudig voorbeeld is in figuur 1 geschetst. Een transparant voorwerp V (dia, film) wordt belicht door een vlakke, monochromatische lichtgolf. Het voorwerp staat in het voorste brandvlak van een lens L. De intensiteitsverdeling van het licht in het achterste brandvlak S is het ruimtelijk spectrum van het tweedimensionale signaal gevormd door de transmissieverdeling van V. Dit spectrum kan optisch of electronisch bewerkt worden; op die mogelijkheid is in de laatste tientallen jaren veel onderzoek gebaseerd.
Optische beeldbewerking door ruimtelijk filtreren is toegepast bij inspectie van producten, bewerking van radarbeelden en in sensoren voor robots. Een overzicht vindt men in het boek van F.T.S.Yu "Optical Information Processing" (2).

Naast coherente Fourier-optica wordt ook tot optical computing gerekend het gebruik van (netwerken van) optische schakelaars, gebaseerd op niet-lineaire optische effecten. Dit onderwerp valt buiten het bestek van dit artikel; ref. 1 geeft een overzicht.

In het vervolg van dit artikel schetsen we enige recente ontwikkelingen; ter sprake komen achtereenvolgens:
- correlatie met behulp van acousto-optische modulatoren;
- parallelle vector-matrix vermenigvuldiging;
- matrix-vector vermenigvuldiging met een acousto-optische modulator;
- binaire bewerkingen.

1. Correlatie met behulp van acousto-optische modulatoren

Een moeilijkheid bij coherente Fourier-optica (zie Inleiding) is de invoer van informatie. Men kan deze op een dia of film zetten, of een ruimtelijke lichtmodulator gebruiken (b.v. een vloeibaar kristal, zie ref. 2, hoofdstuk 5), maar in alle gevallen is de snelheid waarmee nieuwe informatie kan worden ingevoerd beperkt.
Bij gebruik van een acousto-optische (AO) modulator kan het tempo van de signaalinvoer veel hoger liggen. Men is in de praktijk beperkt tot ééndimensionale

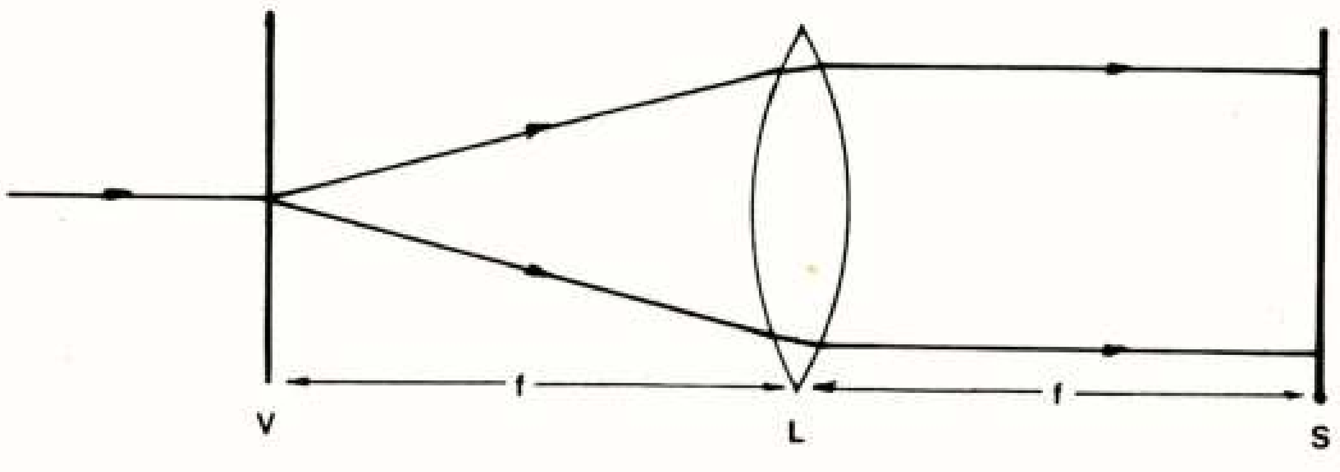


Fig. 1

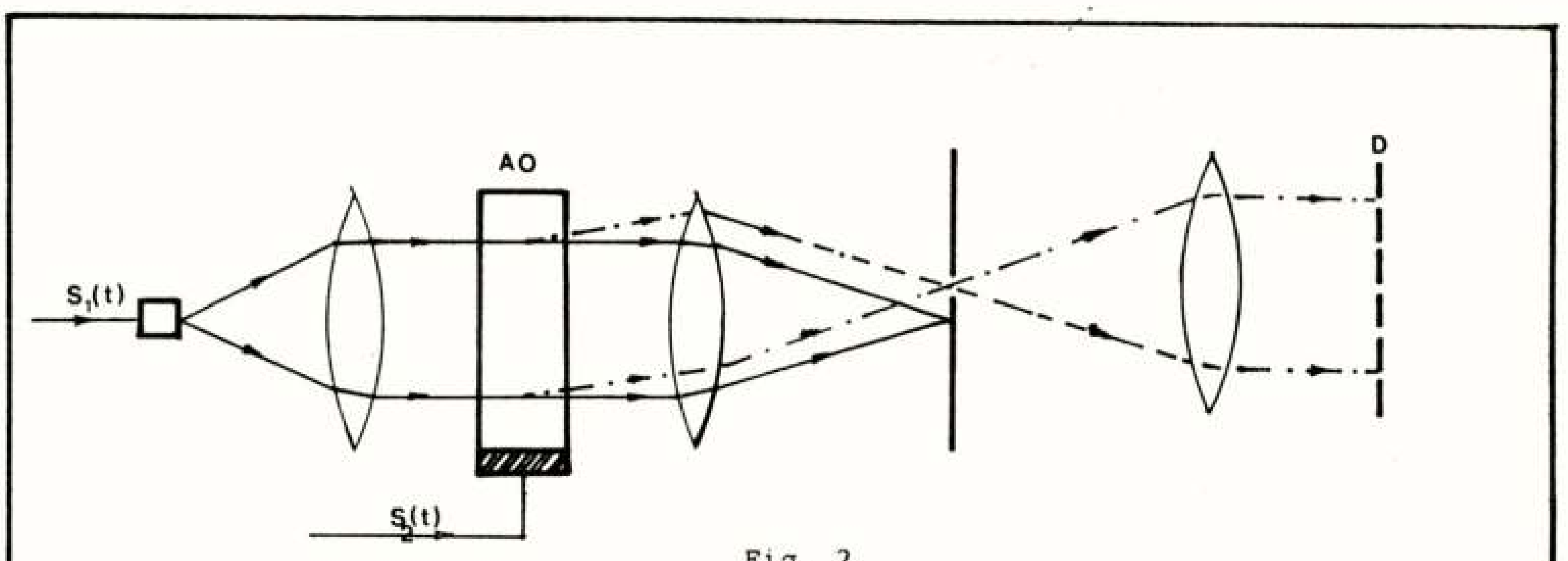


Fig. 2

signalen; in het vervolg zal blijken dat AO-modulatoren desondanks zeer bruikbaar zijn.

Een AO modulator bestaat uit een transparant medium (b.v. water, glas, $LiNbO_3$) waarin door een transducer een hoogfrequente geluidsgolf wordt opgewekt. Deze geluidsgolf vormt een optisch tralie in het medium, waardoor licht wordt afgebogen. De hoeveelheid afgebogen licht is evenredig met de amplitude van de geluidsgolf, die door het medium loopt en aan het grensvlak tegenover de transducer geabsorbeerd wordt. Het ingevoerde signaal bestaat dus uit de amplitudemodulaties van de hoogfrequente draaggolf.

In fig. 2 is een optische correlator (3) geschetst, waarin een AO modulator wordt gebruikt voor de invoer van één van de te correleren signalen (S_1). Het andere signaal (S_2) wordt ingevoerd via een moduleerbare lichtbron (b.v. een halfgeleider laser of een LED). Het door de modulator afgebogen licht wordt afgebeeld op een rij detectoren D. In het vlak van de detectoren ontstaat, gemiddeld over de tijd, een intensiteitsverdeling die evenredig is met de correlatie van de twee signalen:

$$I(x) \sim \int S_1(x-t)S_2(t)dt$$

Elke detector van de rij D neemt een monster van dit signaal.

De draaggolffrequentie ligt in de praktijk tussen 50 MHz en 1 GHz. Het signaal S_1 wordt hierop gemoduleerd, het kan bestaan uit 2000 à 3000 signaalelementen. De zoektijd van de correlator is dus nogal kort, tussen 2 ns en 60 ns. Het signaal S_2 heeft geen beperking van het tijdbandbreedte product.

2. Parallelle matrix-vector vermenigvuldiging

Een correlatie, zoals in de vorige paragraaf beschreven, met bemonsterde signalen kan worden opgevat als een matrix-vector product, waarbij de matrix een bandmatrix is met identieke elementen op de diagonalen. Een meer algemene matrix-vector vermenigvuldiging is mogelijk met de in fig. 3 geschetste inrichting (4).

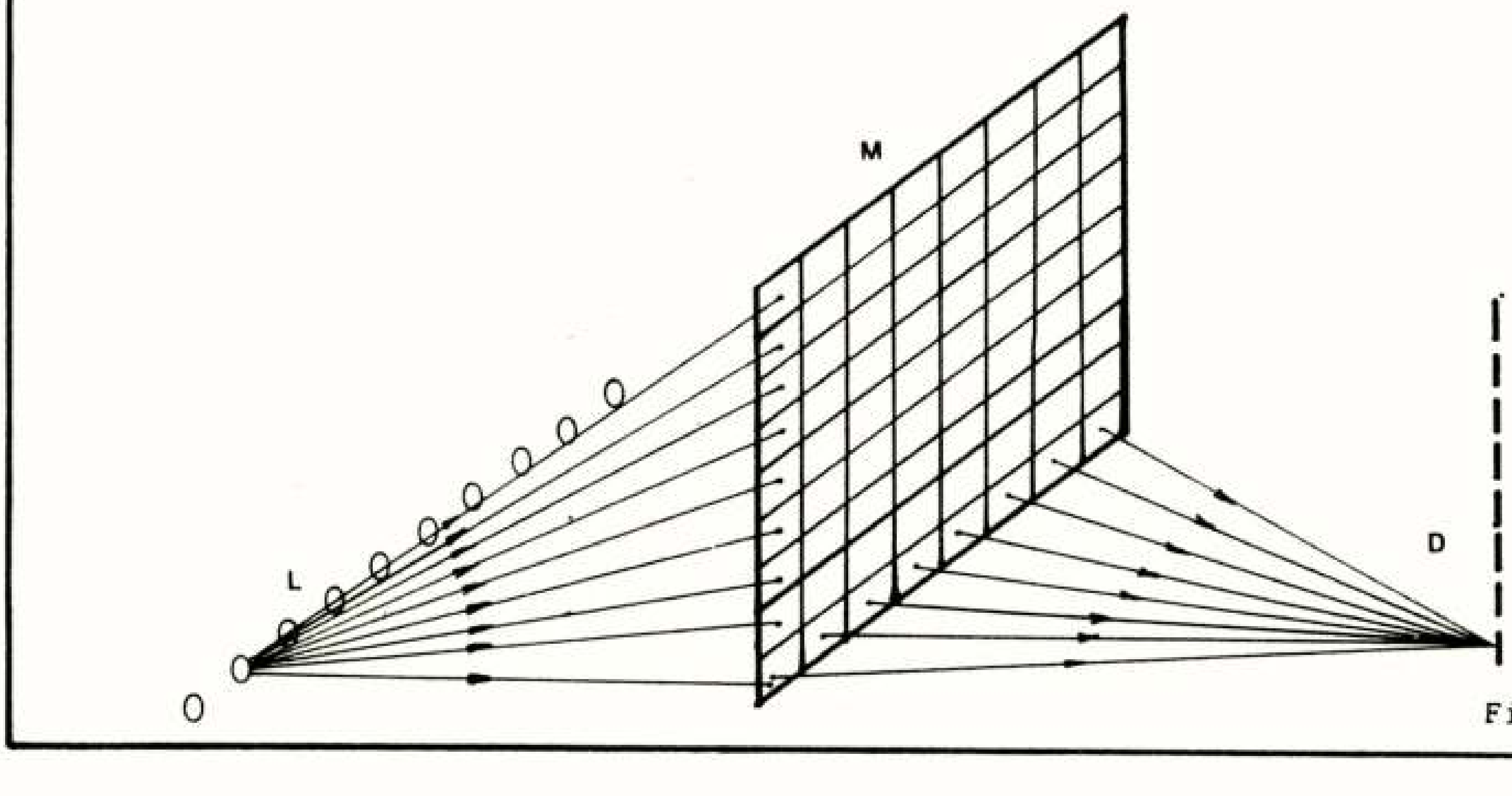


Fig. 3

De kentallen van een vector worden ingevoerd door modulatie van een rij lichtbronnen L. Elke lichtbron verlicht een kolom van de matrix M, gevormd door een in hokjes verdeelde transparant (de transmissiecoëfficiënten van de hokjes zijn de kentallen van de matrix). Het licht wordt op de juiste wijze over de matrix verdeeld door een optisch stelsel, bestaande uit cylinderlenzen (ook worden hiervoor wel lichtgeleiders gebruikt). Voor de details van dit stelsel verwijzen we naar ref. 4. Een identiek, maar 90° gedraaid, stelsel verbindt elke rij van de matrix met een detector in de rij D. De lichthoeveelheid opgevangen door een detector is evenredig met een component van het product van de ingangsvector en de transmissiematrix.

Met behulp van deze inrichting kan parallel een vector met b.v. 500 kentallen worden vermenigvuldigd met een matrix met 500 x 500 kentallen. In 500 bewerkingen van b.v. 10 ns kunnen twee matrices van 500 x 500 kentallen met elkaar vermenigvuldigd worden. Een nadeel is wel dat het vervangen van de matrix betrekkelijk veel tijd kost; deze opmerking werd als eerder gemaakt naar aanleiding van coherente Fourier-optica (zie het begin van par. 1).

De inrichting van fig. 3 kan worden gebruikt om een stelsel lineaire vergelijkingen op te lossen (5). We noemen de ingangsvector x_k, de matrix H, de productvector is Hx_k. Hierop worden met een microprocessor enige eenvoudige bewerkingen toegepast.

De uitgangsvector wordt verminderd met een bekende vector y. Het verschil wordt vermenigvuldigd met een convergentieparameter ω. Bij het resultaat wordt de ingangsvector x_k opgeteld; de som wordt als nieuwe ingangsvector x_{k+1} gebruikt. Zo is een iteratieve processor ontstaan die het algoritme van Richardson uitvoert:

$$x_{k+1} = x_k + \omega\ (Hx_k - y)$$

Bij convergentie, wanneer $x_{k+1} - x_k$ nadert tot nul, geeft x_k de oplossing van het stelsel lineaire vergelijkingen

$$Hx = y$$

Deze iteratieve processor, beschreven door Carlotto en Casasent (5) is een mooi voorbeeld van harmonische samenwerking van optische en electronische processoren. De grote parallelle capaciteit van de optische matrix-vector processor wordt gebruikt om, op het ritme van de microprocessor, de grote hoeveelheid bewerkingen uit te voeren die voor het oplossen van een stelsel vergelijkingen nodig zijn.

3. Matrix-vector vermenigvuldiging met een acousto-optische modulator

De moeilijkheid met het vervangen van de matrix, gesignaleerd in de vorige paragraaf, kan worden opgelost door het gebruik van een AO modulator. Hierbij wordt één van de ruimtedimensies vervangen door de tijdsdimensie volgens het systolisch principe bekend van VLSI processoren (6).

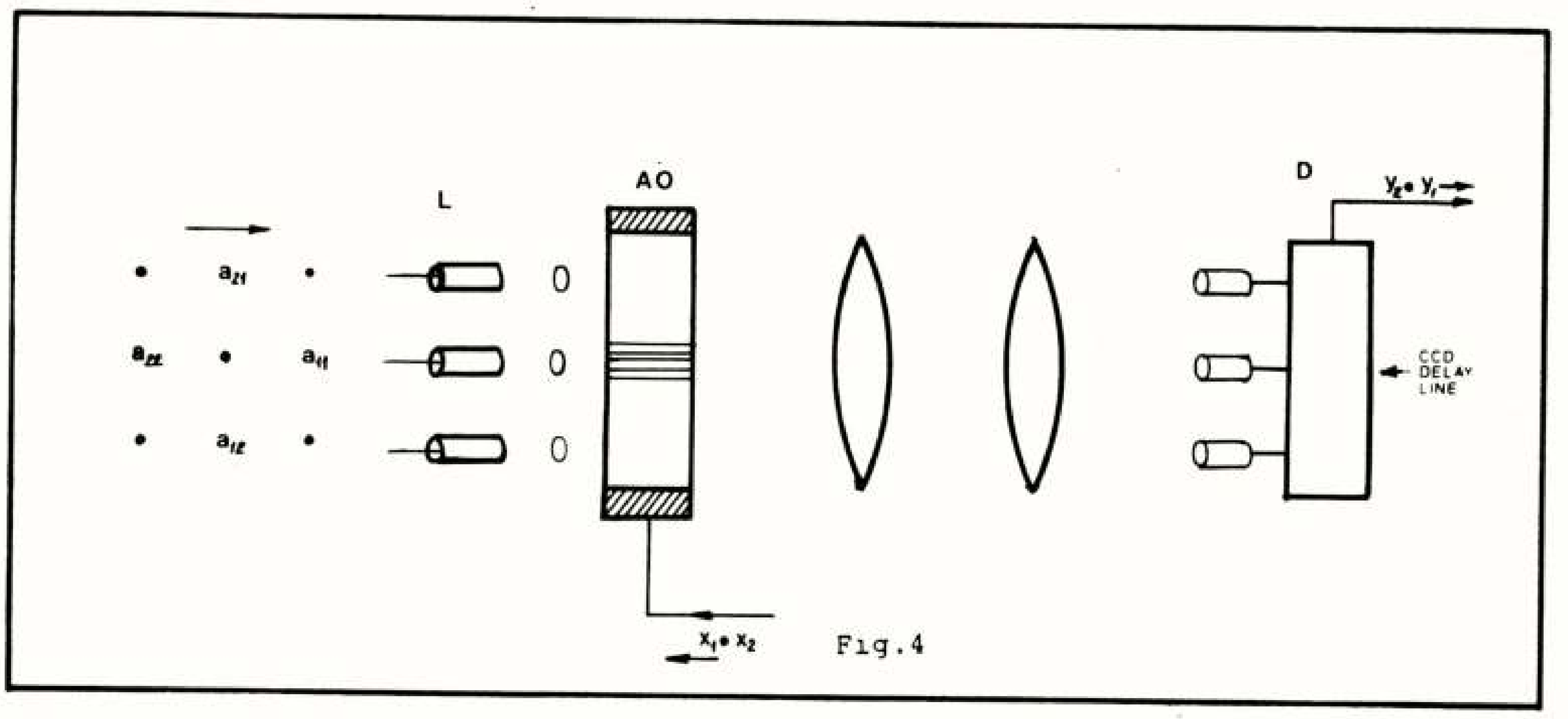


Fig.4

De gang van zaken is schematisch aangeduid in fig. 4. De kentallen a_{ij} van de matrix A worden diagonaalsgewijs aangeboden door de modulatie van een rij lichtbronnen (voor een NxN matrix zijn 2N+1 bronnen nodig, voor een bandmatrix kunnen het minder zijn). Het schema van aanbieden is in de figuur aangegeven, een dikke punt duidt de waarde nul aan. De componenten x_j van de vector x worden, door nullen gescheiden, achtereenvolgens aangeboden aan de AO modulator. Na elke klokpuls zijn deze componenten over de afstand tussen twee lichtbronnen opgeschoven, en wordt een nieuwe diagonaal van de matrix aangeboden (in de figuur is N=2 genomen). Het afgebogen licht van de AO modulator wordt afgebeeld op een ééndimensionale CCD-dectector D met evenveel elementen als er lichtbronnen zijn. Bij elke klokpuls schuift de ladingsverdeling op de detector een element verder. Aan het eind van de detector komen achtereenvolgens de componenten van de productvector

$$y = Ax$$

te voorschijn, gescheiden door nullen. We geven hiervan geen bewijs, de lezer kan het gebeuren narekenen voor een 2x2 matrix door na te gaan hoe de ladingsverdeling op de drie cellen van de detector verandert op achtereenvolgende tijdstippen.

Met een klokfrequentie van 10 MHz kan met deze inrichting een 100x100 matrix met een vector met 100 kentallen worden vermenigvuldigd in ruim 20 μsec. Vergeleken met de parallelle processor uit de vorige paragraaf is de snelheid van de berekening kleiner geworden, maar de in te voeren matrix kan na elke vermenigvuldiging gewijzigd worden. Een processor zoals hier beschreven is gerealiseerd door H.J. Caulfield e.a. (7).

Het idee om de kentallen van een matrix groepsgewijs in te voeren is ook gebruikt in het ontwerp van een matrix-matrix vermenigvuldiger (8); hierbij zijn twee ruimtelijke lichtmodulatoren nodig; deze processor is nog niet gerealiseerd.

4. Benaire bewerkingen

De tot nu toe beschreven processoren werken met analoge getallen. De precisie is van de orde van 8 à 10 bits. Voor veel berekeningen is een hogere precisie nodig, b.v. 20 à 30 bits. We laten in het volgende zien, dat dit voor optische processoren in principe mogelijk is (9).

Voor het vermenigvuldigen van twee binaire getallen gebruiken we de correlator van par. 1. De procedure is aangegeven in fig. 5: het ene getal wordt bit voor bit aangeboden aan de gemoduleerde lichtbron; het tweede getal wordt bit voor bit de AO modulator ingestuurd. Het ritme wordt bepaald door de tijd die een bit nodig heeft om van een detector-positie naar de volgende te gaan. De rij detectoren integreert de doorgelaten lichthoeveelheden (waarbij het niet afgebogen licht weer wordt tegengehouden). Op de detectoren staat aan het eind van de bewerking het product van de ingevoerde getallen in "mixed binary

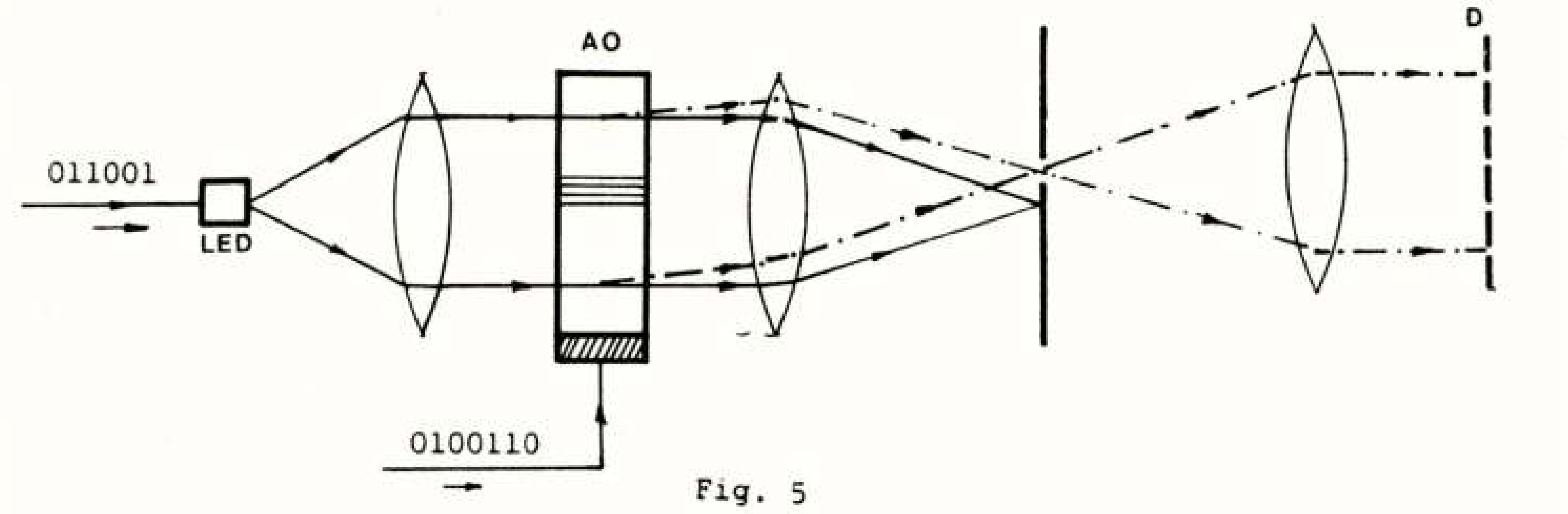


Fig. 5

representation". Om ook negatieve getallen te kunnen verwerken maakt men gebruik van "two's complement arithmetic".

We hebben beschreven hoe twee binaire getallen met elkaar kunnen worden vermenigvuldigd; het aantal bits wordt slechts begrensd door het tijd-bandbreedte product van de AO modulator. Voor het vermenigvuldigen van twee vectoren (parallel) of van een vector met een matrix zijn meerkanaals modulatoren nodig. Hiervoor zijn fraaie ontwerpen gemaakt (10), aan de realisatie wordt nog gewerkt.

5. Waarom optical computing?

In het voorgaande hebben we een beeld opgebouwd van een boeiende nieuwe ontwikkeling in de optica.
We hebben gezien dat het mogelijk is om met grote snelheid en precisie (het één wel enigszins ten koste van het ander) bewerkingen te doen van het type matrix maal vector. Daarmee is de basis gelegd voor toepassing op een grote varieteit van numerieke problemen (11). Vanwege de eenvoud en de onmiddellijke toepasbaarheid bespreken we hier één toepassing apart; het betreft schakelmatrices.

Bij de parallelle processor van fig. 3 wordt een verbinding tussen het j-de element van de ingangsvector en het k-de element van de uitgang gelegd door aan het matrixelement met indices j,k de waarde 1 toe te kunnen. Een schakel-matrix is dus een binaire matrix die eenvoudig te realiseren is met een ruimtelijke lichtmodulator die electrisch aanstuurbaar is. Het naar willekeur leggen van verbindingen is essentieel voor een nieuw type computerarchitectuur, de "non-von Neumann" computer (1).

We hebben in dit artikel enige optische processoren besproken, die met op de markt verkrijgbare onderdelen in elkaar gezet kunnen worden. Implementatie door integrated optics is voor een groot deel nog toekomstmuziek en mede daarom niet ter sprake gekomen; we verwijzen hiervoor naar een artikel van Verber (12).

Veel van het hier besprokene is terug te vinden in overzichtsartikelen van Goodman (13) en Caulfield c.s. (14); we wijzen verder nog op het speciale nummer van Proceedings of the IEEE van juli 1984

Referenties

(1) A. Sawchuk and T. Strand
Proc. IEEE 72, 758 (1984)

(2) F.T.S.Yu
"Optical Information Processing"
Wiley, New York, 1983.

(3) R. Sprague and C. Koliopoulos
Applied Optics 15, 89 (1976).

(4) J.W. Goodman, A.R. Dias and L.M. Woody
Optics Letters 2, 1 (1978).

(5) M. Carlotto and D. Casasent
Applied Optics 21, 147 (1982).

(6) H.T. Kung and C.E. Leiserson in
"Introduction to VLSI"
ed. C.A. Mead and L.A. Conway
Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1980.

(7) H.J. Caulfield, W.T. Rhodes, M.J. Foster and S. Horvitz
Opp.Comm. 40, 86 (1982).

(8) R.P. Bocker, H.J. Caulfield and K. Bromley
Applied Optics 22, 804 (1983).

(9) A. Goutzoulis
Applied Optics 23, 4095 (1984).

(10) P. Guilfoyle
Optical Engineering 23, 20 (1984).

(11) D. Casasent
Proc. IEEE 72, 831 (1984).

(12) C. Verber
Proc. IEEE 72, 942 (1984).

(13) H.J. Caulfield, J.A. Neff and W.T. Rhodes
Laser Focus, nov. 1983, p. 100.

(14) J.W. Goodman
J. of Electrical and Electronics Eng. (Australia) 2, 149 (1982).

Referenties

(1) A. Sawchuk and T. Strand
Proc. IEEE 72, 758 (1984).

(2) F.T.S.Yu
"Optical Information Processing"
Wiley, New York, 1983.

(3) R. Sprague and C. Koliopoulos
Applied Optics 15, 89 (1976).

(4) J.W. Goodman, A.R. Dias and L.M. Woody
Optics Letters 2, 1 (1978).

(5) M. Carlotto and D. Casasent
Applied Optics 21, 147 (1982).

(6) H.T. Kung and C.E. Leiserson in
"Introduction to VLSI"
ed. C.A. Mead and L.A. Conway
Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1980.

(7) H.J. Caulfield, W.T. Rhodes, M.J. Foster
and S. Horvitz
Opp.Comm. 40, 86 (1982).

(8) R.P. Bocker, H.J. Caulfield and
K. Bramley
Applied Optics 22, 804 (1983).

(9) A. Goutzoulis
Applied Optics 23, 4095 (1984).

(10) P. Guilfoyle
Optical Engineering 23, 4095 (1984).

(11) D. Casasent
Proc. IEEE 72, 831 (1984).

(12) C. Verber
Proc. IEEE 72, 942 (1984).

(13) H.J. Caulfield, J.A. Neff and W.T. Rhodes
Laser Focus, nov. 1983, p. 1000.

(14) J.W. Goodman
J. of Electrical and Electronics Eng.
(Australia) 2, 149 (1982).

(15) Proc. IEEE,
Special Issue on Optical Computing
vol. 72, no. 7, july 1984.

Voordracht gehouden tijdens de 329e werkvergadering.

OPTICAL RECORDING

Dr. G.J. Verhaart

O.S.I.-Nederland (een joint-venture van Philips en C.D.C.)

OPTICAL RECORDING

Fundamental principles of optical read-out systems are summarized in this paper. The various systems based on optical discs: Laservision, CD and DOR, are described.

INLEIDING

De basisprincipes van het optische uitleessysteem zijn reeds eerder in dit blad beschreven (Velzel, 1975). Voor nieuwe lezers volgt hieronder een korte uiteenzetting. Voor meer uitgebreide informatie zij verwezen naar, bijv., Bouwhuis en Braat (1983) en Bouwhuis, (1985).

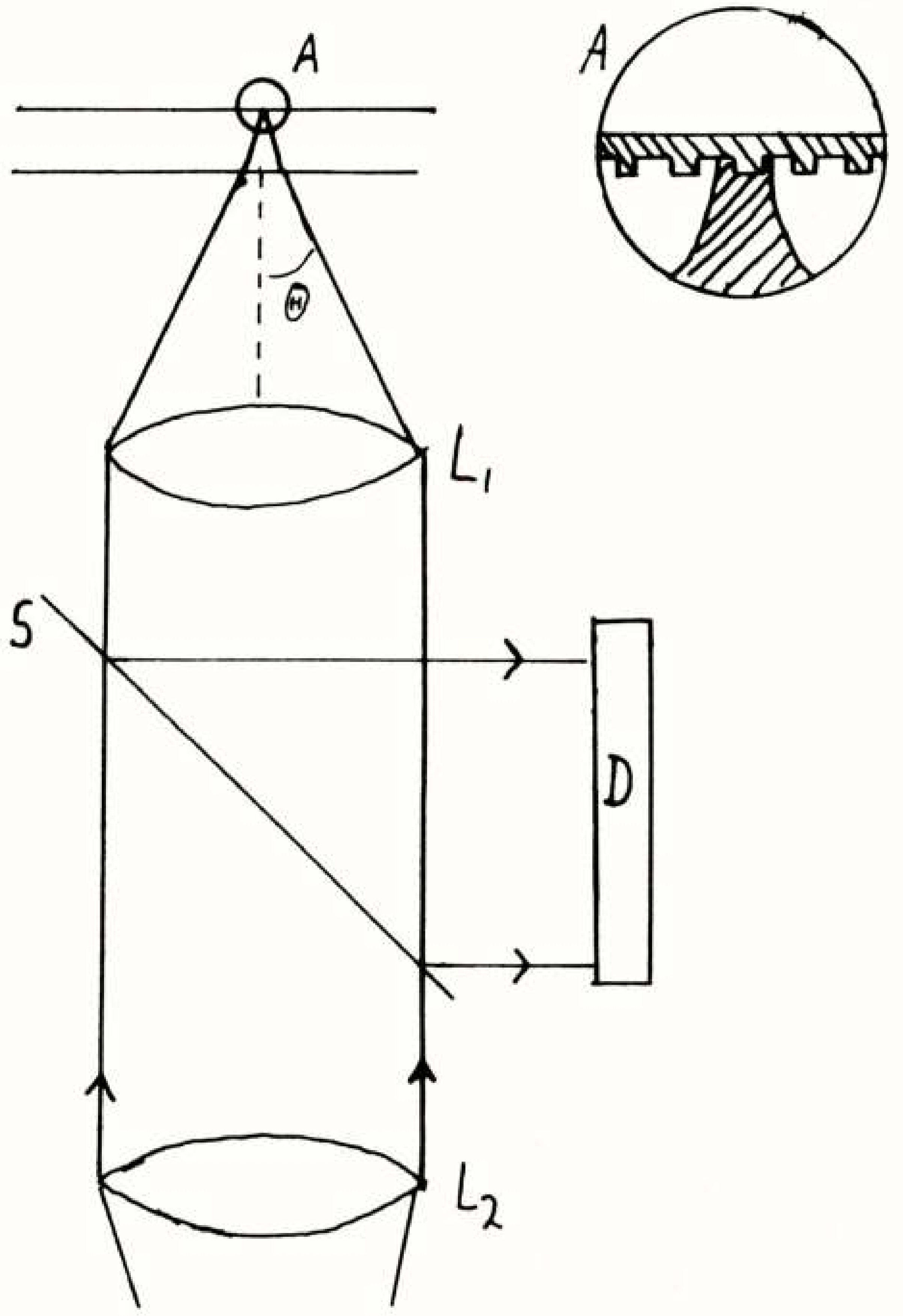


Fig. 1 : Schematische voorstelling van de lichtweg in een optische speler

L_1 : Objectief lens
L_2 : Collimatie lens
S : Deelspiegel
D : Detector
Θ : Numerieke apertuur = sin Θ

Detail A: Weergave van de omgeving van de lichtvlek

Fig. 1 geeft een schematische voorstelling van de lichtweg van een optische speler. Licht afkomstig van een laser (gaslaser of lichtpen met halfgeleider laser en collimatie optiek) wordt gefocusseerd op een reflecterende informatie-laag. Deze laag bevindt zich aan de van de lens afgekeerde zijde van een optische plaat. Dit uitlezen door de plaat heen heeft als voordeel dat het systeem relatief ongevoelig wordt voor beschadigingen en stof. De lichtvlek heeft nl. ter plaatse van het plaatoppervlak een grote diameter. De informatie-laag wordt tegen beschadigingen vanaf de andere zijde beschermd door de plaat dubbelzijdig uit te voeren of door een beschermende laklaag aan te brengen. Het licht wordt aan de op de plaat aanwezige informatie verstrooid en keert gedeeltelijk terug in de pupil van het objectief. Via een deelspiegel bereikt het licht de detector. De mogelijke informatie dichtheid op een optische plaat is gerelateerd aan de diameter van de gefocusseerde lichtvlek. De halfwaarde breedte van de energieverdeling in de uitleesvlek is van de orde

$$\frac{\lambda}{NA}$$

waarin: λ : de golflengte van het gebruikte licht
NA: de numerieke apertuur van het objectief

De NA is gedefinieerd als de sinus van de halve tophoek van de gefocusseerde lichtkegel (zie Ⓗ in fig. 1). Het objectief moet verticaal kunnen bewegen om te focusseren op de informatie laag. Om in focus te kunnen blijven zijn verschillende focusseersystemen ontwikkeld, die hier niet verder behandeld zullen worden (Bouwhuis en Braat, 1983).
Om de lichtvlek op de plaat te positioneren moet het objectief radieel kunnen bewegen. Hiertoe wordt ofwel de gehele lichtweg verplaatsbaar gemaakt, ofwel alleen het objectief tesamen met een kantelspiegeltje op een beweegbare slede geplaatst, en de rest van de lichtweg vast aan de speler bevestigd. Het kantelspiegeltje dient om de stralengang evenwijdig aan de verplaatsingsrichting te maken. Deze constructie wordt vooral toegepast bij spelers, die voorzien zijn van gaslasers.

HET UITLEZEN

Een optische plaat mag worden beschouwd als een tweedimensionaal buigingstralie: loodrecht op de sporen is het tralie zuiver periodiek door de vaste spoorafstand, in de spoorrichting quasi periodiek door de min of meer regelmatige herhaling van informatie-putten. Ter vereenvoudiging wordt hieronder de reflectie aan een een-dimensionaal buigingstralie beschreven, een doorsnede loodrecht op de sporen of een doorsnede in het spoor.

Bij reflectie van een buigingstralie wordt het licht in scherp bepaalde richtingen verstrooid, nl. die richtingen waarin licht, afkomstig van alle verstrooiingscentra in fase is, de zgn. traliewet,

$$\sin\theta_i + \sin\theta_r = \frac{m\lambda}{p},$$

waarin θ_i, θ_r de hoeken van inval en terugkaatsing, λ de golflengte van het licht, p de periode van het rooster en m het zgn. ordegetal.

Bij een optische speler is er sprake van een kegelvormige lichtbundel, wat resulteert in eveneens kegelvormige verstrooide bundels, die gedeeltelijk via het objectief worden afgebeeld op de detector, zoals geïllustreerd in fig. 2. Meer algemeen gesproken is er hier sprake van een fourieranalyse, waarin ruimtefrequenties worden omgezet in verstrooiingshoeken.

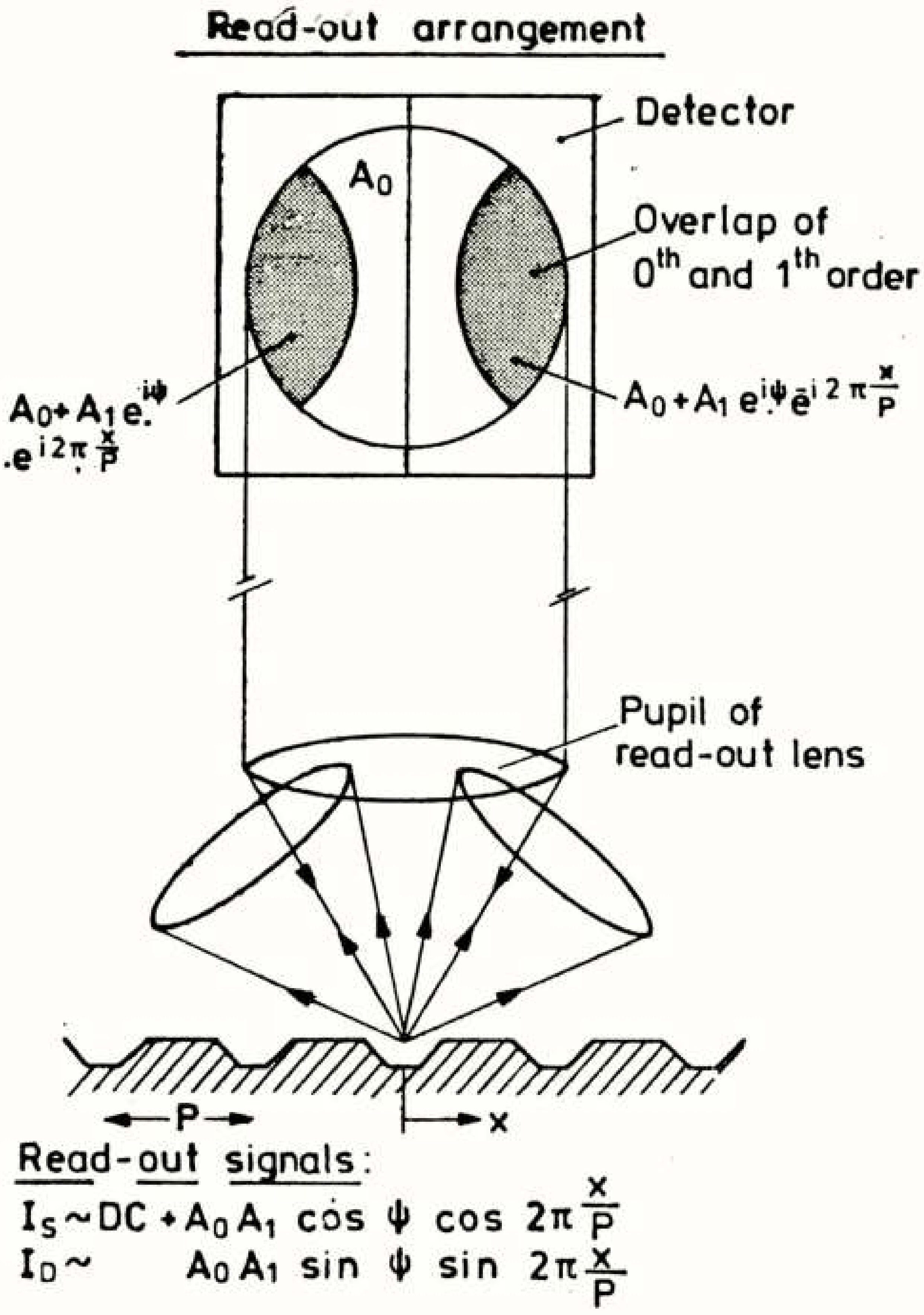


Fig. 2: Afbeelding van de eerste ordes op de detector voor een ruimte frequentie $\frac{NA}{\lambda} < \frac{1}{p} < \frac{2NA}{\lambda}$

p : De periode van het rooster
x : De positie van de lichtvlek t.o.v. het rooster
A_0, A_1: Amplitudes van de nulde en eerste orde
ψ : Fase verschil tussen nulde en eerste orde (dit is een functie van de putgeometrie)
I_s : Totaal signaal op de detector
I_d : Verschil signaal van beide detectorhelften

Ten gevolge van de interferentie tussen de verschillende ordes (in de getekende geometrie 0e en 1e) is de op de detector gemeten intensiteit afhankelijk van de positie van de lichtvlek op de optische plaat. Uit deze beschrijving volgt dat uitlezing niet meer mogelijk is wanneer de ordes volledig buiten de pupil vallen, dus wanneer

$$2\,NA < \frac{\lambda}{p}.$$

Er is dus sprake van een ruimtelijke afsnijfrequentie:

$$\frac{1}{p} = \frac{2\ NA}{\lambda}$$

Uitlezing van hogere frequenties is niet mogelijk, voor lagere frequenties is de contrastoverdracht groter naarmate de frequentie lager, en daarmee het gedeelte van de verstrooide bundels dat binnen de pupil valt groter is.

SYSTEMEN

Bij een beschrijving van de systemen die gebruik maken van optische platen kunnen we allereerst onderscheid maken tussen zgn. Read Only systemen, waarbij gebruik gemaakt wordt van informatie-dragers die goedkoop en in grote aantallen gerepliceerd kunnen worden, en systemen waarbij gebruik gemaakt wordt van door de gebruiker te beschrijven platen.

Laservision (VLP)

Dit Video systeem is gebaseerd op een plastic plaat, dubbelzijdig, Ø 30 cm. De op de plaat opgeslagen informatie is analoog van aard, een kleuren TV signaal en twee volledig gescheiden geluidskanalen. Eventueel kan digitale informatie worden opgeslagen in ongebruikte beeldlijnen.

Bij optische platen kunnen twee typen onderscheiden worden: CLV (constant linear velocity) en CAV (constant angular velocity). Bij de CLV plaat is het, door de constante spoorsnelheid, mogelijk overal op de plaat dezelfde, hoge, informatie-dichtheid te handhaven. In geval van de Laservision plaat resulteert dit in een speelduur van een uur per plaatkant.

De CAV versie van de Laservision plaat heeft een geringere speelduur, slechts een half uur per kant. Daar staan echter grotere gebruiksmogelijkheden tegenover. Omdat er exact één beeldje per omwenteling opgenomen is, is vertraagd of versneld afspelen, stilstaand beeld of, zonder hapering in het beeld, springen naar willekeurige sporen eenvoudig. Hierdoor is interactief gebruik van de plaat, bijv. voor instructie-doeleinden of video-spelletjes mogelijk. Ook is het mogelijk om tot 50.000 stilstaande beelden, bijv. afbeeldingen van schilderijen of stadsplattegronden, op te nemen.

CD-digital audio/CD-ROM

Dit audio-systeem is gebaseerd op enkelzijdige plastic plaatjes met een diameter van 12 cm. De platen bevatten een digitaal audio-signaal met een bemonsteringsfrequentie van 44.1 kHz per kanaal en 16 bits quantisatie. De kwaliteiten van dit audio-signaal worden o.a. beschreven door Carasso (1982). Een plaatje met een speelduur van meer dan een uur bevat meer dan 600 Mbyte digitale informatie. Het zal duidelijk zijn dat deze grote capaciteit het CD-plaatje ook een aantrekkelijk medium maakt voor de distributie van programma's of gegevensbestanden. In dat geval spreken we van CD-ROM.

De digitale datastroom wordt niet zonder meer op de plaat gezet, maar omgezet volgens een bepaald modulatie-systeem. Aan dit modulatie-systeem wordt een aantal eisen gesteld:

1. een zo groot mogelijke dichtheid binnen de beperkingen die het optisch systeem stelt;
2. zelfklokkend, d.w.z. dat een minimaal aantal overgangen per seconde noodzakelijk is;
3. geen laagfrequent-inhoud, dit ter voorkoming van ruis in de servosystemen.

Een en ander heeft geleid tot de keus van het modulatie-systeem EFM ($8 \rightarrow 14$ modulatie), waarbij 8 databits worden omgezet in 14 zgn. kanaalbits. Aan de eerste twee eisen wordt voldaan doordat dit een zgn. looplengte beperkte code is, d.w.z. een put of dam is minimaal drie, maximaal elf kanaalbits lang. Een meer uitgebreide beschrijving vindt U bij Heemskerk (1982).

Foutencorrectie. Zowel bij het replicatie-proces als door latere beschadiging van de plaat kan de informatie plaatselijk verminkt worden. Om te voorkomen dat dit in het audio-signaal hoorbaar wordt, wordt een aantal technieken toegepast:

- toevoegen van redundante informatie, waardoor bij verloren gaan van een gedeelte van de informatie het oorspronkelijke signaal gereconstrueerd kan worden;
- vervlechten van de informatie om de invloed van locale fouten te beperken;
- voor audio-informatie: interpolatie tussen goede samples wanneer bepaalde samples niet meer te reconstrueren zijn.

Deze technieken tezamen geven een corrigeerbare foutlengte van 4000 databits ofwel 2.5 mm spoorlengte en een interpoleerbare foutlengte van 12.000 databits ofwel 7 mm spoorlengte op de plaat. Bij CD-ROM is interpolatie niet zinvol aangezien deze plaat willekeurige informatie bevat. Hier wordt nog een tweede foutencorrigerende code toegevoegd, waardoor de verhouding foutieve-goede bits $< 10^{-15}$ wordt.

Digitale Optische Recording (DOR)

In tegenstelling tot de hierboven beschreven, internationaal gestandaardiseerde video- en audio-systemen, is er bij systemen gebaseerd op beschrijfbare platen nog weinig sprake van standaardisatie. Een aantal fabrikanten verschijnt dit jaar met systemen die gebruik maken van 30 cm platen op de markt. Systemen, gebaseerd op platen met een kleinere diameter, zijn in ontwikkeling.

Ik zal me in het onderstaande beperken tot de beschrijving van het door O.S.I., een joint-venture van Philips en C.D.C., op de markt gebrachte DOR-systeem.

Het gaat hierbij om een zgn. "write once" systeem, d.w.z.: eenmaal geschreven informatie kan niet meer gewist worden. In plaats van zilveren of aluminium spiegel op de "read only" platen hebben DOR-platen een "gevoelige laag", bestaande uit een legering van telluur. Deze laag reflecteert niet alleen, maar absorbeert ook energie. Door dezelfde laser, waarmee gelezen wordt, op een hoger vermogen te bedrijven kan een zodanige temperatuurverhoging bereikt worden dat de gevoelige laag plaatselijk smelt. Onder invloed van oppervlakte-spanningsgradiënten vormen zich dan gaten. Bij uitlezen worden deze gaten waargenomen als gebieden met een sterk verlaagde reflectie. Fig 3. is een Scanning Electron Microscoop-opname van deze gaten.

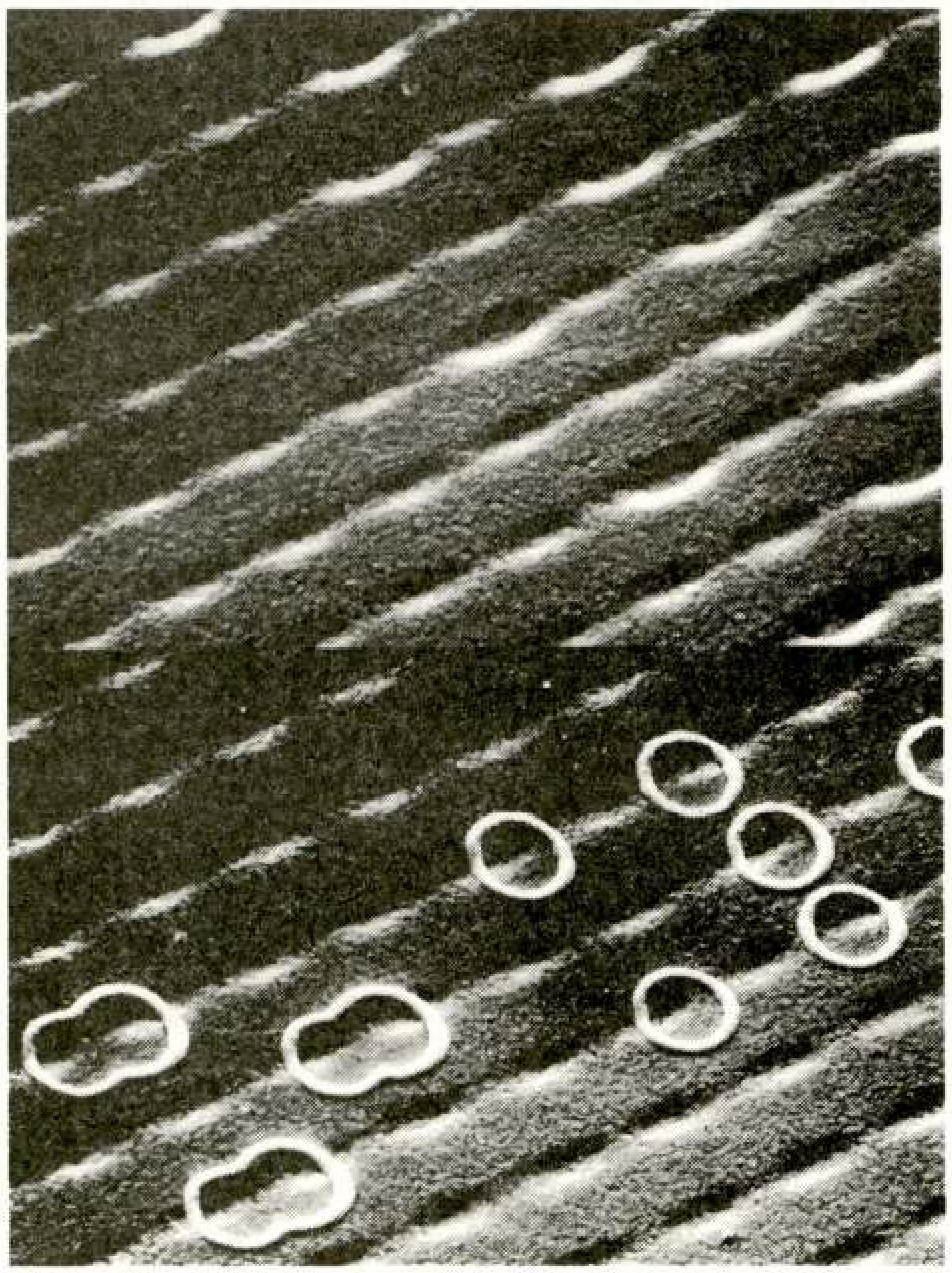


Fig. 3: Scanning Electron Microscoop opnamen van het oppervlak van een DOR-plaat. De afstand tussen de groeven is 1.6 μm.

Op beide foto's zijn groeven gemoduleerd met het synchronisatie singaal (de "klok") te zien. De diepere putten op het bovenste plaatje worden gebruikt voor het weergeven van spoor- en sectornummers. Op het onderste plaatje is de door de speler geschreven informatie, in de vorm van gaten in de gevoelige laag, te zien.

In fig. 3 is te zien dat deze door de gebruiker te beschrijven plaat ook gerepliceerde informatie bevat. In de eerste plaats zijn de sporen vooraf ingebracht in de vorm van ondiepe groeven. Verder zijn de groeven gemoduleerd met een synchronisatie-signaal, de zgn. klok. Spoor- en sectornummers zijn aanwezig in de vorm van putjes, vergelijkbaar met de putten van CD en VLP.

Omdat de gevoelige laag, i.v.m. de aard van het schrijfproces, niet mag worden afgedekt met een beschermlak of lijmlaag, zijn de DOR-platen uitgevoerd als een zgn. air-sandwich, d.w.z. dat de beide plaatkanten door afstandsringen gescheiden gehouden worden.

Als substraatmateriaal wordt hier, i.v.m. de betere mechanische eigenschappen, glas gebruikt i.p.v. plastic.

Aan een modulatiesysteem worden bij DOR vanzelfsprekend dezelfde eisen gesteld als hierboven voor CD beschreven zijn. Er is daarnaast nog een aantal beperkingen:

1. er worden betrekkelijk grote, ronde gaten gevormd (Ø 1 à 1.5 μm);
2. de belasting van de laser dient zo beperkt mogelijk te blijven.

Er is gekozen voor een code waarbij slechts een gat per twee databits geschreven wordt. De informatie-dichtheid is geringer dan bij gerepliceerde platen. In Tabel I wordt de informatie-dichtheid van gerepliceerde platen vergeleken met de informatie-dichtheid op door de gebruiker te beschrijven platen.

Tabel I	CD / CD-ROM		DOR
	CD	CD-ROM	
Spoorsteek (μm)	1.6		1.6
Bitlengte bruto (μm)	.67		1.8
Bits/mm^2 (bruto)	$\sim 10^6$		$.35\ 10^6$
Overhead (factie)	.27	.37	.15
Netto bits/mm^2	$0.7\ 10^6$	$0.6\ 10^6$	$0.3\ 10^6$
Capaciteit per plaatkant (netto)		550 MByte (CLV, 12 cm)	1GByte (CAV, 30 cm)

Voor foutencorrectie worden dezelfde technieken gebruikt als bij CD-ROM. Aangezien het bij DOR mogelijk is om te controleren of het inschrijven foutloos geschiedt en dezelfde informatie zo nodig in een volgende sector opnieuw kan worden geschreven, behoeft het correctie systeem slechts fouten die door veroudering van de plaat zouden kunnen ontstaan te corrigeren. De omvang van het systeem kan dan ook beperkt blijven (zie Tabel I).

Toepassingsgebieden van DOR-systemen

Bij vergelijking met magnetische media valt in de eerste plaats de hogere informatie-dichtheid van optische platen op. Bovendien zijn de platen eenvoudig uitwisselbaar en blijft het objectief op veilige afstand van de plaat, terwijl bij magneetschijven de hoogste dichtheden juist bereikt worden voor niet uitwisselbare platen en bij extreem geringe kop-plaatafstanden. Toch concurreren de huidige DOR-platen niet in de eerste plaats met magneetschijven, omdat ze slechts ēēnmaal beschrijfbaar zijn. In de eerste plaats moet worden gedacht aan archieveringstoepassingen, waarvoor nu magneetbanden of microfilm gebruikt worden. Voordelen zijn hier de grote informatie-dichtheid, de lange levensduur van de plaat + informatie (gegarandeerd 10 jaar) ēn de korte opzoektijden (200 ms).

Er wordt veel gewerkt aan document-opslagsystemen, waarbij de optische speler wordt gekoppeld aan een facsimile scanner. Vaak wordt in dergelijke combinaties een jukebox met enige tientallen DOR-schijven gebruikt.

Wisbare optische recording

Wisbare optische recording is nog in het onderzoekstadium. Twee methoden krijgen op dit moment de meeste aandacht.

Magneto-optische recording, waarbij gebruik gemaakt wordt van de eigenschap van bepaalde magnetische materialen om het polarisatie-vlak van gepolariseerd licht te draaien (Kerr-effect). De magnetisatie-toestand kan gewijzigd worden door het materiaal met een laserspot te verwarmen in aanwezigheid van een uitwendig magneetveld. Op deze wijze is schrijven en wissen mogelijk.

"Phase-change materialen", waarbij omkeerbare overgangen tussen kristallisatie-toestanden, die gekenmerkt worden door verschillen in reflectie, kunnen worden bewerkstelligd.

LITERATUUR

G. Bouwhuis en J.J.M. Braat, Recording and Reading of information on Optical disks, in Applied Optics and Optical Engineering, Vol. IX, Academic Press, 1983.

G. Bouwhuis, editor, Optical Disc Systems, verschijnt in 1985 bij Adam Hilger, Ltd.

M.G. Carasso, J.B.H. Peek en J.P. Sinjou, Het Systeem "Compact Disc Digital Audio",
Philips Techn. T., 40, 267, (1981/1982).

J.P.G. Heemskerk en K.A. Schouhamer Immink, "Compact Disc" - systeemaspecten en modulatie, Philips Techn. T., 40, 274 (1981/1982).

C.H.F. Velzel, Het Optische Uitleessysteem, Tijdschrift van het NERG, deel 40, nr. 6, (1975).

Voordracht gehouden tijdens de 329e werkvergadering.

TRANSVERSALE TOMOGRAFIE MET EEN ELECTRO-OPTISCH RECONSTRUCTIE-SYSTEEM.

Ir. R.J. Geluk
nv Optische Industrie De Oude Delft

Cross sectional Tomography using an electro-optical reconstruction system.

An Image Intensifier tube can be applied for complex signal filtering tasks such as the convolution required for cross sectional reconstruction in X-ray tomography. The system to be described here does all the processing in real time and is synchronised to the T.V. signal of an X-ray television system, which provides the transmission data of the object being tomographed.

1. INLEIDING

Dat dit tijdschrift wordt gedrukt op ondoorzichtig papier, zal iedereen begrijpen, transparant materiaal is beslist ongeschikt voor boekdrukwerk. Toch is het in de röntgendiagnostiek gebruikelijk, dat men het menselijk lichaam afbeeldt door middel van schaduwvorming en wel zodanig dat, zoals aangegeven in fig. 1, alle lagen van het lichaam door dezelfde stralenbundel worden doorlopen. Een drie-dimensionaal object, wordt op een twee-dimensionaal vlak afgebeeld. Het gemis aan éénduidigheid dat hiervan het gevolg is, moet worden gecompenseerd door de kennis die de radioloog tijdens zijn studie heeft opgedaan.[1]

Eénduidigheid van afbeelding is natuurlijk alleen mogelijk, indien men zich bij de doorstraling van het object eveneens beperkt tot een vlak. Fig. 2 toont een voorloper van een transversaal (⊥ lichaamsas) tomografiesysteem, waarbij het lichaam door een nauw gecollimeerde bundel wordt doorstraald. De schaduwen treffen de röntgenfilm onder een zeer kleine hoek, waardoor elke individuele straal als een lijn wordt geregistreerd. Door tegengestelde rotatie van patiënt en film wordt aldus een primitief beeld opgebouwd van één vlak in het object.[1]

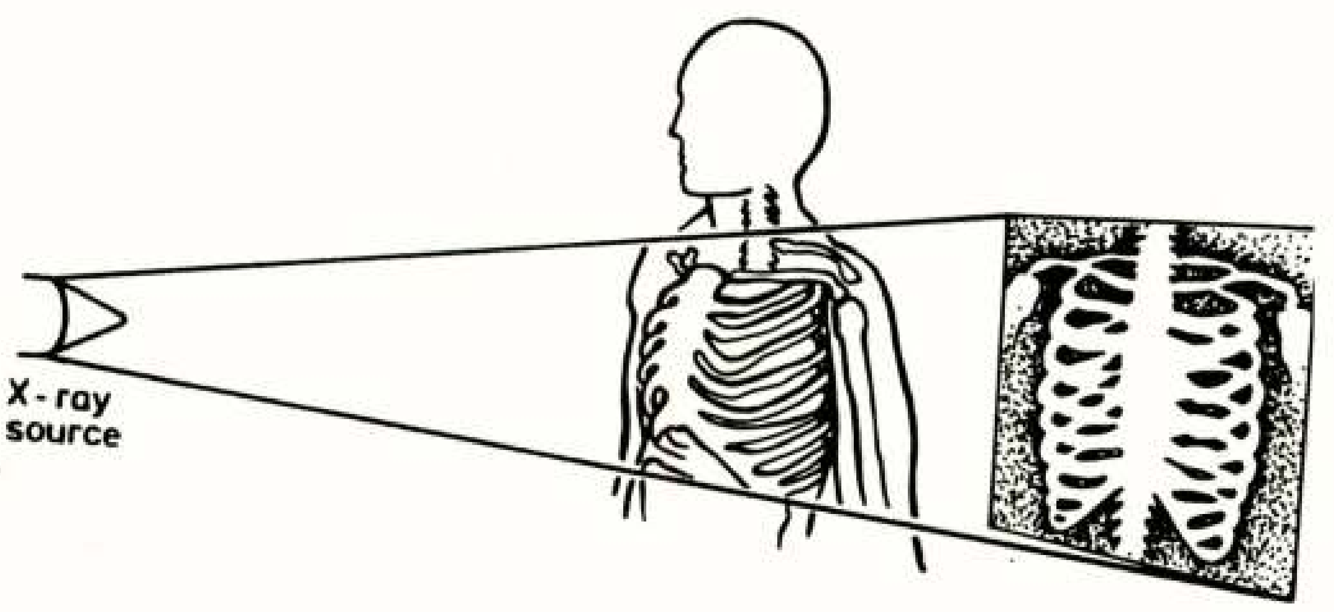


Fig. 1

Schaduwvorming. Een drie-dimensionaal object wordt op een twee-dimensionaal medium geregistreerd.

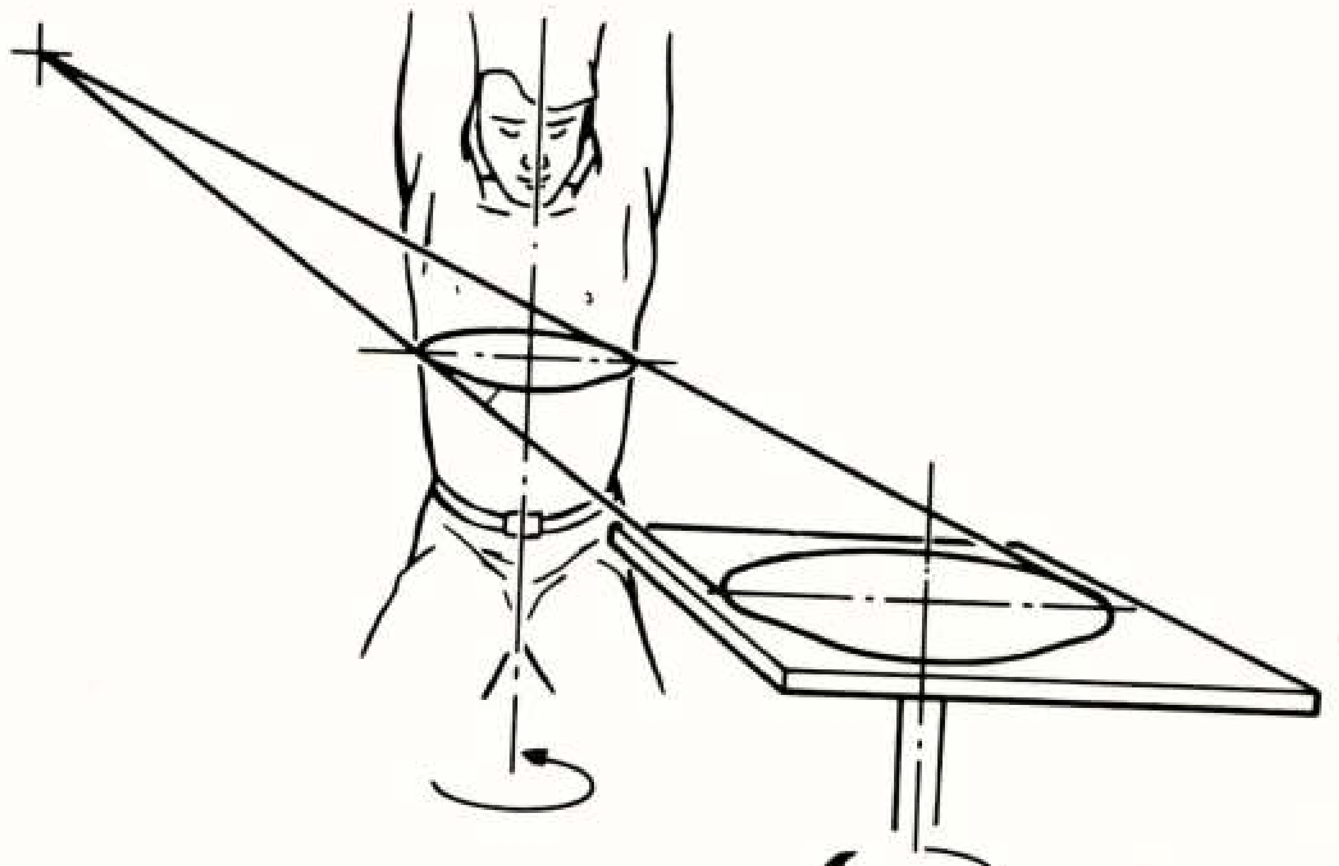


Fig. 2

Transversale tomografie op film. De scherend invallende straling veroorzaakt "lange schaduwen": een vroege vorm van terugprojectie.

2. TOMOGRAFIE

Diverse methoden zijn bedacht om uit het drie-dimensionale object vlakken te isoleren door middel van longitudinale tomografie, een techniek waarbij alle detail buiten het vlak van interesse onscherp wordt afgebeeld. Ook bij longitudinale tomografie blijft echter het probleem van de meerduidigheid van de afbeelding bestaan.

Het blijkt principieel mogelijk om uit de transmissie waarden zoals men die verkrijgt met een inrichting als in fig. 2, een foutvrij beeld op te bouwen.
De Oostenrijker Radon heeft al in 1917 de wiskundige grondslag gelegd voor een foutvrije reconstructie.[2]
Het heeft echter tot in de 70-er jaren geduurd, voordat hiervoor bruikbare apparatuur op de markt kwam.

3. TERUGPROJECTIE

De primitieve methode van fig. 2 toont reeds een belangrijk element van de transversale tomografie: de terugprojectie.
Hiermede bedoelen we het "verlengen" van de dichtheidwaarden in de richting van de röntgenstralen en vervolgens het sommeren van hun intensiteit bij alle voorkomende oriëntaties φ.
Voeren we de terugprojectie uit in een elektronisch medium, dan kunnen we bij de meting van transmissiewaarden volstaan met een één-dimensionale detector als in fig. 3. Deze detector registreert dan zgn. "Profielen". Dit zijn één-dimensionale objectbeelden met intensiteiten P (x,φ)
Hierin is x de coördinaat langs de detector en φ de oriëntatie van het object t.o.v. de stralenbundel.

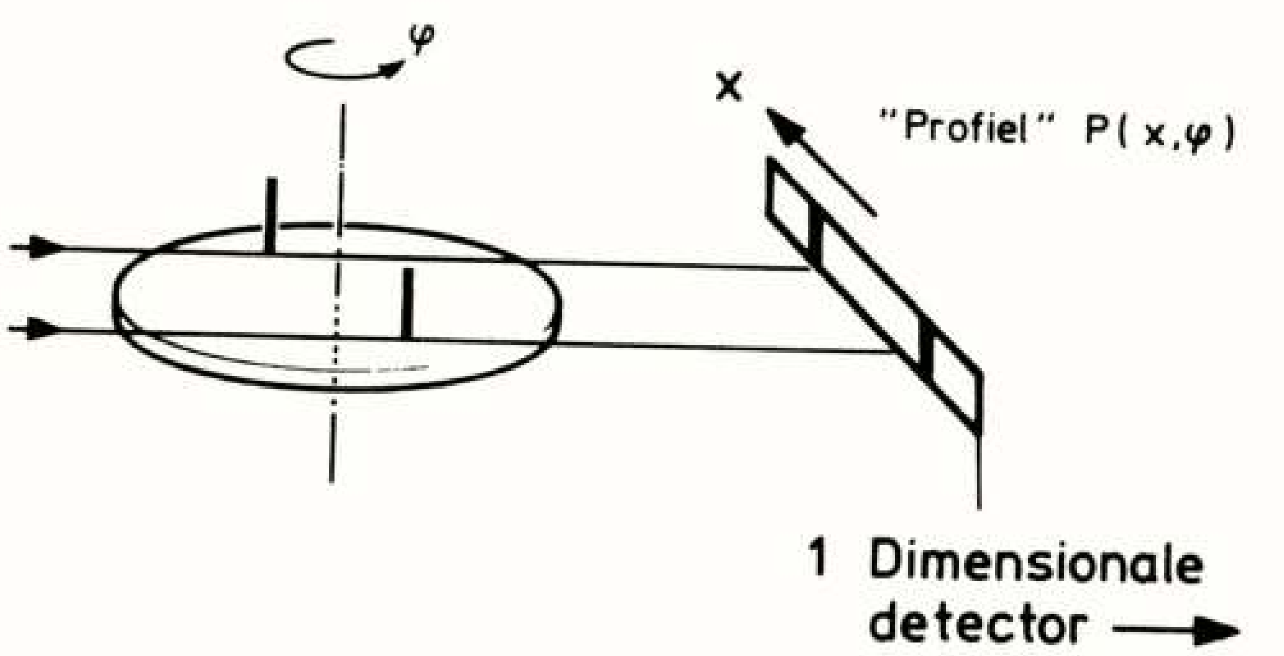


Fig. 3

Registratie van profielen met een één-dimensionale detector. Uit een groot aantal profielen, behorende bij verschillende hoeken φ, kan een transversaal tomogram worden gereconstrueerd.

Voor het eenvoudige geval, dat het object slechts 2 absorberende punten bevat, toont fig. 4 hoe door terugprojectie over enkele discrete hoeken het beeld wordt opgebouwd. De objectpunten worden afgebeeld door middel van een waaier van lijnen die elkaar in één punt snijden, het beeldpunt.
Bij continue terugprojectie over 360° krijgen we zo een puntbeeld met een intensiteit die overeenkomstig het objectpunt een maximum heeft en naar buiten afneemt volgens 1/r.

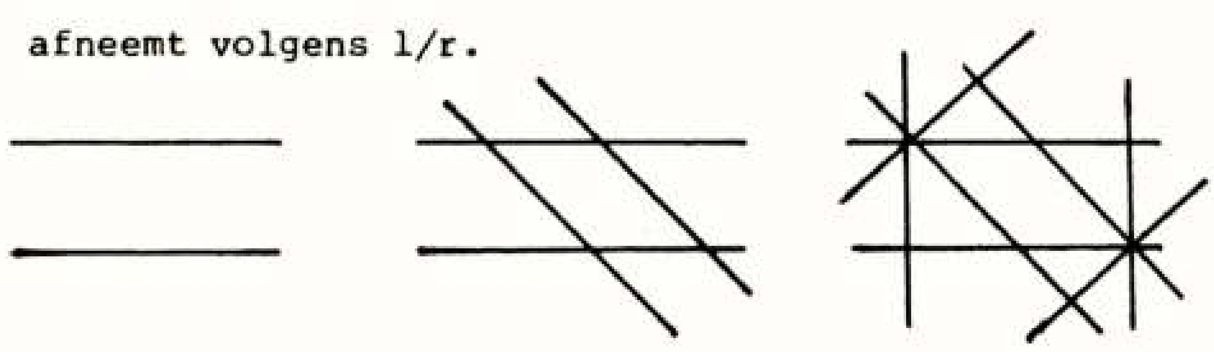


Fig. 4.

Beeldopbouw door terugprojectie over enkele hoeken.

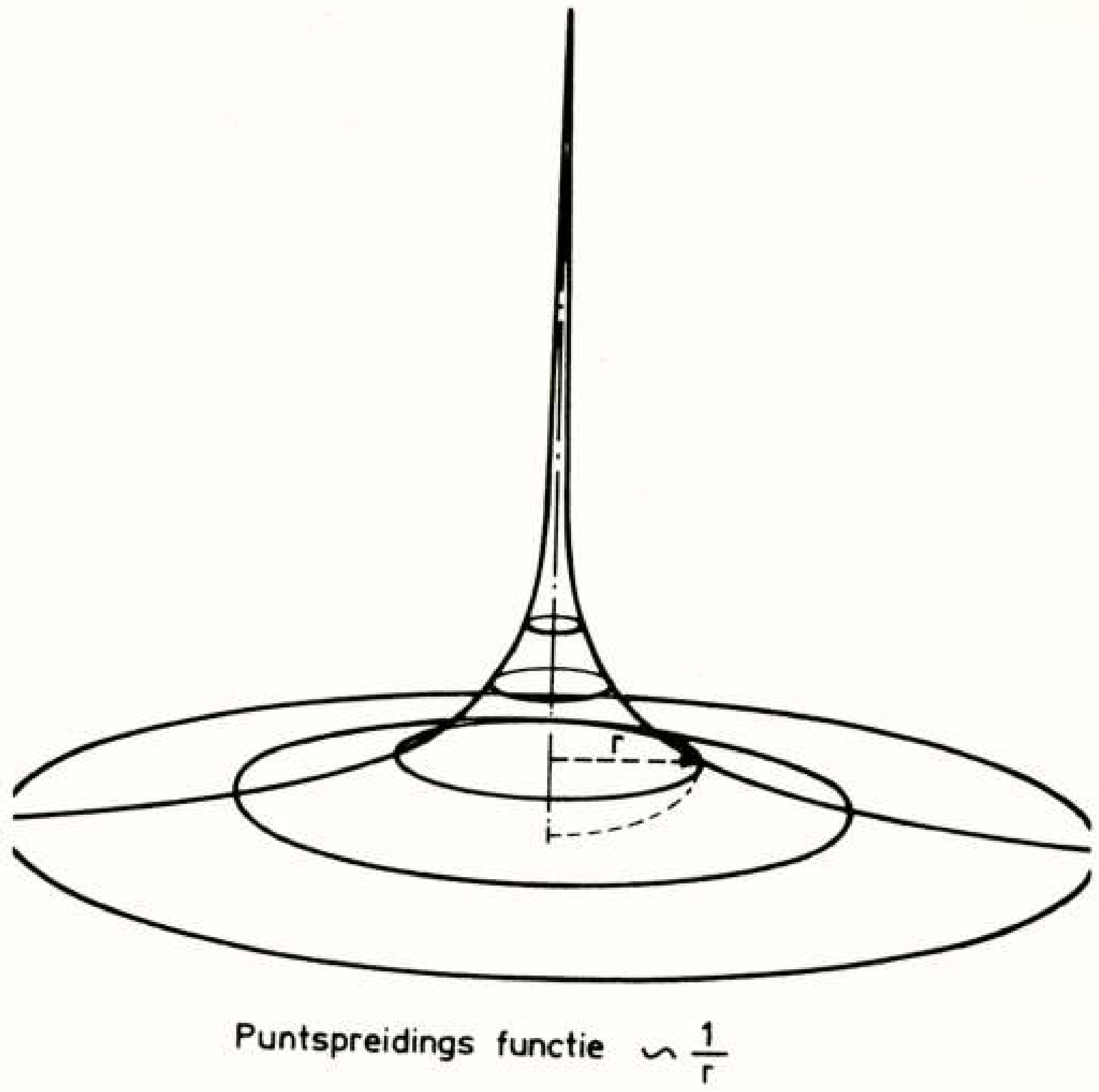


Fig. 5

Puntspreidingsfunctie ongefilterde terugprojectie. De "waaier" van terugprojectielijnen veroorzaakt een aanzienlijke onscherpte.

4. BEELDFILTERING

Een beeld opgebouwd uit puntbeelden volgens fig. 5 is zeer onscherp en niet goed bruikbaar. De hogere ruimtelijke frequenties worden met een veel te geringe modulatie weergegeven en het is dus wenselijk door middel van beeldfiltering hier verbetering in te brengen.
Pas in de 70-er jaren kwam er apparatuur beschikbaar, waarmee analytisch of iteratief de benodigde signaalbehandeling kon worden uitgevoerd. [3) 4)]
Op het eerste gezicht lijkt het een goede methode om een beeld dat opgebouwd is door terugprojectie, aan een twee-dimensionale filter-operatie te onderwerpen, die het puntbeeld met een 1/r-verloop terugbrengt tot een twee-dimensionale "Dirac-naald". Deze methode heeft echter enkele belangrijke bezwaren. In de eerste plaats is de convolutie-operatie twee-dimensionaal met een kern die tenminste even groot moet zijn als het te behandelen beeld.
Bovendien heeft het uit terugprojectie verkregen beeld een zeer hoge signaal-ruisverhouding (de hoge frequenties zijn onderdrukt), zodat hoge eisen worden gesteld aan het betreffende geheugenmedium. Daar komt nog bij, dat de beeldfiltering pas kan beginnen, als alle meetgegevens zijn geregistreerd. [5)]

5. GEFILTERDE TERUGPROJEKTIE

Het kan worden aangetoond [6], dat een foutvrije reconstructie mogelijk is door filtering van de profielen P (x,φ) voor terugprojectie.
Deze filtering vooraf heeft belangrijke voordelen. De operatie geschiedt op een één-dimensionaal signaal en kan gelijktijdig met de detectie worden uitgevoerd.
Het nieuwe profiel, dat wil zeggen na de filtering, dient de vorm te hebben

$$p'(x,\varphi) = p(x,\varphi) * a\delta(x) - 1/x^2 \qquad (1)$$

* duidt op een convolutie-operatie, a is een constante.

Formule 1 is equivalent met

$$p'(x,\varphi) = d/dx\ p(x,\varphi) * 1/x \qquad (2)$$

Deze operatie kan dus bestaan uit een differentiatie en een Hilbert-transformatie (fasecorrectie). Door terugprojectie van de profielen p'(x,φ) ontstaat een foutvrije reconstructie.

6. RÖNTGEN-TELEVISIE

De filtering volgens (2) wordt met succes toegepast in computer-tomografie-apparaten, zij het in gediscretiseerde vorm. Worden de profieldata in een niet al te hoog tempo aangeboden, dan kan een digitaal systeem de één-dimensionale filtering in "real time" uitvoeren. Ook optische reconstructiemethoden zijn echter mogelijk. [9]

Fig. 6 toont een installatie die wordt toegepast voor radio-therapieplanning, waarbinnen zich een televisiedoorlichtketen bevindt. Het doorlichtsysteem is gemonteerd aan een draaibare arm, zodat onder verschillende hoeken kan worden doorstraald en de televisieketen kan als profieldetector fungeren.
In dit geval ontstaan de profielen als een aantal televisielijnen (er worden er 32 geselecteerd uit het totale raster) met een videobandbreedte van ca.6 MHz.
Gezien het continue karakter van deze "televisieprofielen" en de hoge bandbreedte van het signaal, komen hier andere reconstructietechnieken in aanmerking, dan de gebruikelijke.

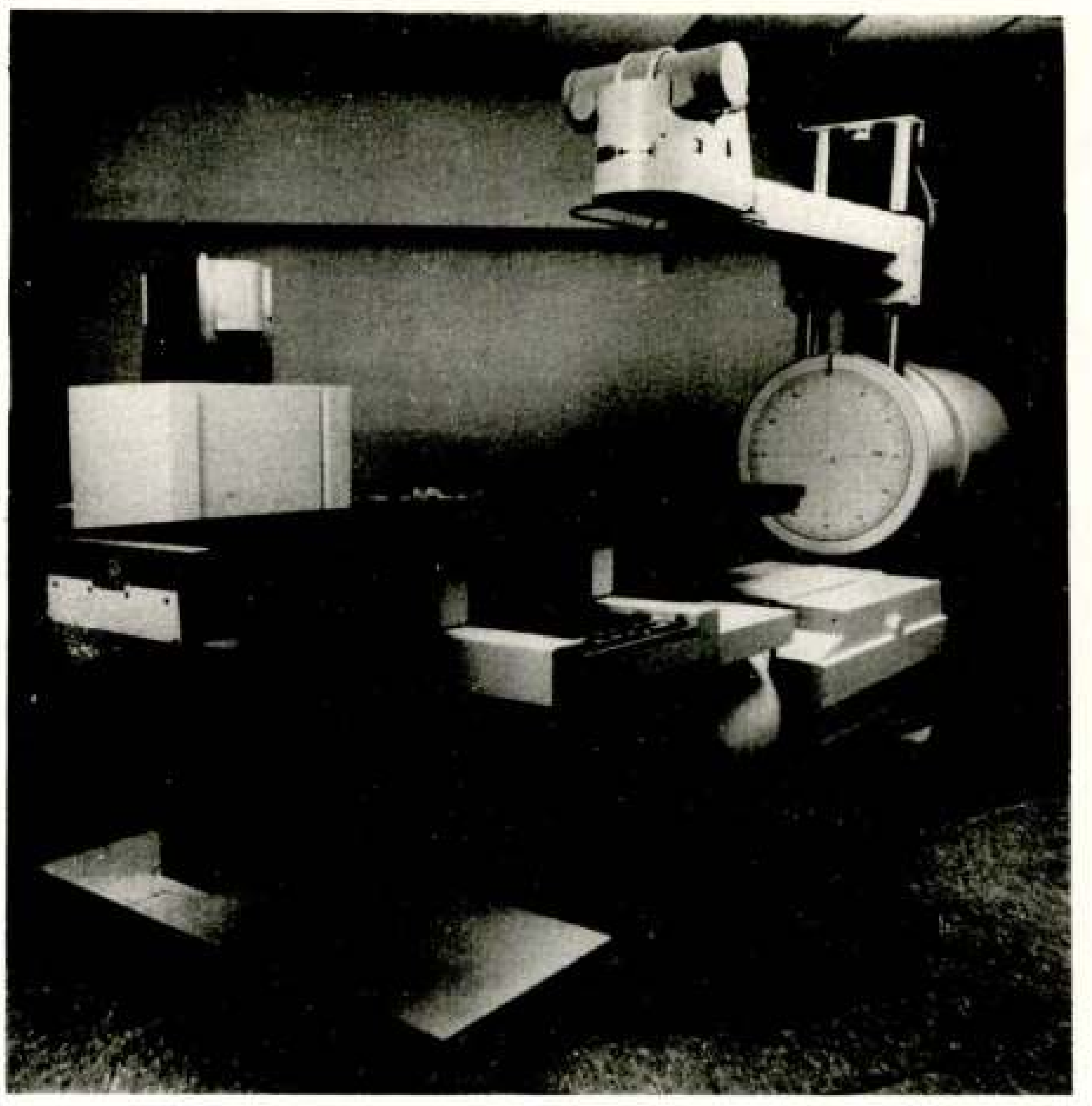


Fig. 6
Installatie voor radiotherapie-planning. Een röntgentelevisiesysteem levert een continu videosignaal, waarmee door snelle signaalbehandeling transversale reconstructie plaatsvindt.

7. ELEKTRO-OPTISCHE CONVOLUTIE

Fig. 7 toont hoe een beeldversterkerbuis kan worden toegepast om een lichtintensiteitverdeling f (x,φ) door middel van elektronen-optische afbeelding over te brengen naar een transmissiemasker met een transmissieverdeling g (x, y). [7]
Een photomultiplier registreert het integrale produkt

$$i_p{}^2 = \iint f(x,y)\ g(x,y)\ dxdy \qquad (3)$$

Door middel van een magnetisch veld kan op de verdeling f (x,y) een simultane translatie worden uitgevoerd in elke gewenste richting in het (x,y)-vlak.
Hierdoor levert de photomultiplier de overeenkomstige waarden van de convolutie van f (x,y) en g (x,y).
Het is hierdoor bijvoorbeeld mogelijk in televisietempo een convolutie van 500^2 x 500^2 beeldpunten uit te voeren.

8. EEN-DIMENSIONALE CONVOLUTIE

Zoals aangegeven in par. 5 kan bij transversale tomografie worden volstaan met een één-dimensionale convolutie-operatie op de profielen p (x,φ). Fig. 8 toont hoe een één-dimensionale uitvoering van het convolutiesysteem in een reconstructieketen is gerealiseerd. De opeenvolgende profielen, afkomstig van het televisiesysteem, worden ingeschreven in een fosforscherm van een kathodestraalbuisje. Het scherm is enigszins traag, zodat gedurende een 10-tal milliseconden alle profielwaarden behorende bij één hoek gelijktijdig beschikbaar zijn.

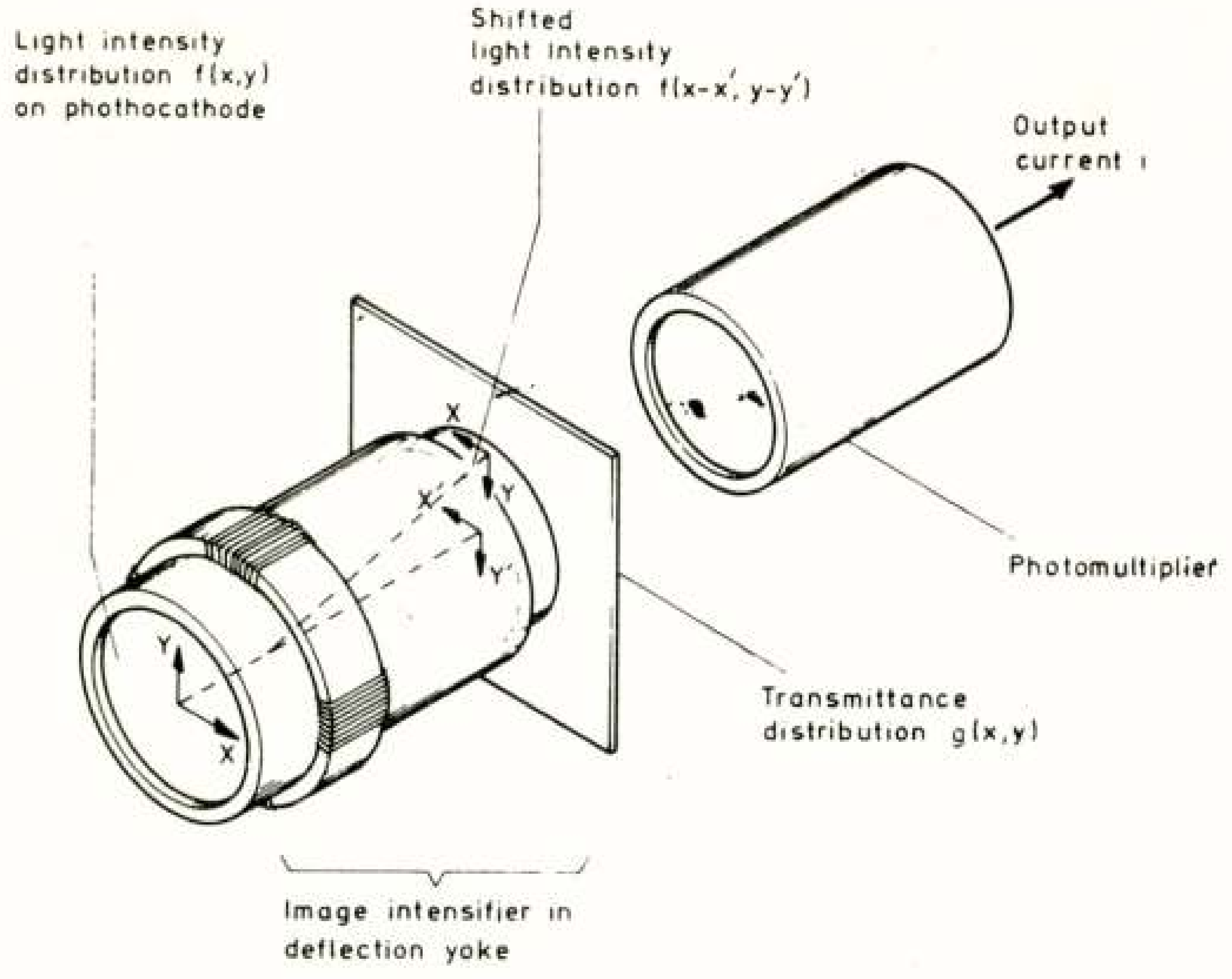


Fig. 7

Convolutiesysteem met beeldversterker, transmissiemasker en lichtdetector. Door middel van magnetische afbuiging kan in hoog tempo een twee-dimensionale convolutie worden uitgevoerd. Bij transversale tomografie is een één-dimensionale convolutie voldoende.

Het beeldversterkerbuisje kan vervolgens de translatie uitvoeren in de profielrichting, zodat dit als het ware over de maskers "geveegd" wordt. Omdat de signalen slechts één-dimensionaal zijn, hoeft slechts in één richting te worden afgebeeld. Door middel van cilindrische spiegels wordt elk profielpunt dan ook verbreed tot een lijn, waarvan een deel door het desbetreffende masker wordt doorgelaten. De lokale maskerbreedte bepaalt dus de waarde van de convolutie functie op dat punt. Omdat de convolutiefunctie 1/x zowel positieve als negatieve waarden bevat, wordt de lichtbundel gesplitst en naar twee maskerhelften geleid, één voor de positieve waarden van 1/x en één voor de negatieve. Door verschilversterking ontstaat het gewenste signaal p'(x, φ), waarmee de intensiteit van de elektronenbundel in een geheugenbuis kan worden gestuurd.

Dit "terugprojectiemedium" wordt geadresseerd overeenkomstig de geometrie van de röntgenstraling.

9. RUIS

Binnen het convolutiesysteem wordt het signaal getransporteerd door elektronen- en fotonenstromen, zodat hagelruis een limiet stelt aan de signaal-ruisverhouding.[8)]

De kleinste deeltjes-flux treedt op in de kathodestraalbuis met een bundelstroom van ca. 10^{-8} A. Per beeldpunt bedraagt daardoor de fluctuatie minder dan 0,1 %. Dit is ruim beneden de statistische fluctuaties in de gedetecteerde röntgenstraling (enkele %%).

Diverse optische elementen zijn niet-uniform in hun responsie; zij vertonen structuur en afval van lichtsterkte naar de rand van het beeldveld, zodat de signalen onderhevig worden aan ongewenste modulatieruis (structuurruis). Door echter een systeem toe te passen van alternerende polariteit en positiewisseling van opeenvolgende profielen worden deze effecten in hoge mate onderdrukt. Hetzelfde geldt ten aanzien van ongewenste nalichtverschijnselen in het scherm in de CRT-buis.[8)]

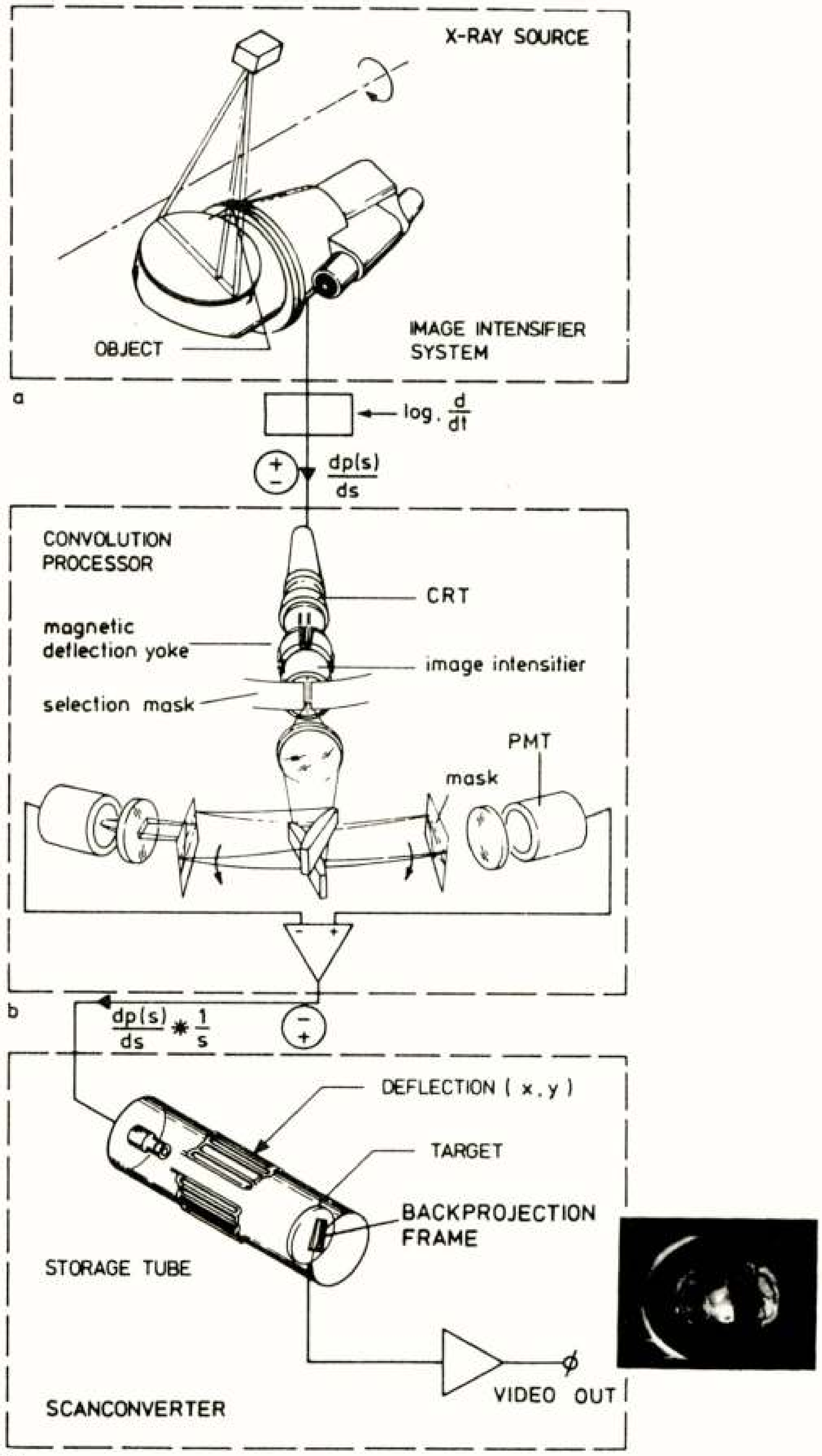


Fig. 8

De drie stadia in het elektro-optische reconstructieproces. De signaalverwerking is gesynchroniseerd aan het televisiesignaal en vindt plaats gelijktijdig met de rotatiebeweging. Na afloop van de rotatie is het tomogram direct beschikbaar als televisiebeeld.

10. CONCLUSIE

Met een elektro-optisch systeem is het mogelijk alle signaalbewerkingen uit te voeren voor tomografische reconstructie. Het hier beschreven systeem maakt gebruik van een beeldversterker voor de convolutie-operatie. Zelfs bij grote data-snelheden kan met ruime reserve de convolutie worden uitgevoerd in het door televisie aangegeven tempo.

Literatuur

1 Van der Plaats Prof.Dr.G.J., "Medische Röntgentechniek". N.V.Uitgeverij de Tijdstroom, Lochum.

2 Radon, J.,"Uber die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte langs gewisser Mannigfaltigkeiten", Berichte Saechsische Akademie der Wissenschaften, Vol.69, pp. 262-279, 1917.

3. Godfrey N.Honusfield, "Computed Medical Imaging". Science, Vol.210, 3 October 1980.

4. M.V.Berry and D.F.Gibbs, "The interpretation of optical projections". Proc.Roy.Soc.,London A.314, 143-152(1970).

5. Swindell, W and Barrett, H.H.,"Computerized Tomography: taking sectional X-rays. Physics Today/December 1977.

6. Ramachandran G.N. and Lakshminarayanan A.V., "Three dimensional Reconstruction from Radiographs and electron micrographs: Application of Convolutions instead of Fourier Transforms.

7. Geluk R.J.,"Transverse analogue tomography" (TAT). A new method for cross-sectional imaging using X-rays. Optica Acta, 1979, Vol.26,No.11, 1367-1376.

8. Geluk R.J.,"The OLDELFT electro-optical cross-sectional reconstruction system: an estimation of its channel capacity. Proc.SPIE, Vol.454-62, pp.450-456.1984.

9. Barrett H.H. and Swindell W. "Analog Reconstruction Methods for transaxial Tomography", Proc.IEEE,65 (1977) 89-107.

Voordracht gehouden tijdens de 329e werkvergadering.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. J.W. Kolthof, Estafettestraat 12, Enschede.
Ir. F. Kuperus, Van Swindenstraat 64, Utrecht.
Ir. D.A. van der Meij, Julianastraat 15, Enschede.
Ir. K.H.W. Pasman, Sparrenweg 9, Arnhem.

Nieuwe leden

Ir. W. van der Bijl, Veldspaat 58, Berkel en Rodenrijs.
W.J. van Hattum, Oude Delft 123, Delft.
A.P. Hekstra, Markant 21, Terheijden.
Ir. H.C. Kahlmann, Brinkstraat 5, Borger.
Dr.ir. F.J.F. van Odenhoven, Anna Paulownastraat 7, Eindhoven.
Ir. A.P.J. Oudendijk, Buitenwatersloot 225, Delft.
Ir. A.J. Smets, Veiligoord 53, Bladel.

Nieuwe adressen van leden

Ing. S.H. van der Poel, Ooievaarstraat 215, Lisse.
E.R. Smit, RNWO, Kralendijk, Bonaire, Ned. Antillen.

Conferentieaankondigingen.

7th IFAC/IFORS symposium on identification and system parameter estimation. 3-7 juli 1985, University of York, U.K. *)

Communications 86. Birmingham Metropole Hotel, Birmingham, U.K. 13-15 May 1986 *)

European Reliability Conference. 16-20 June 1986, Copenhagen. Contactadres: Mrs. Aase Sonne, Box 326, DK-2800 Lyngby, Denmark.

ISSLS 86. The international symposium on subscriber loops and services, sept. 29 - oct.3, 1986. Tokyo, Japan. Call for papers sept. 30, 1985. Contactadres: Ir. A.A.Dogterom, AT&T en Philips Telecommunicatiebedrijven B.V., Hilversum.

*) Contactadres: Conference Servies Department IEE
Savoy Place; London WC2R OBL U.K.
Tel. 01-2401871 (Ext.222) Telex 26 11 76 IEE LDN G

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Inhoud deel 50 - nr. 3 - 1985

druk: de Witte Eindhoven